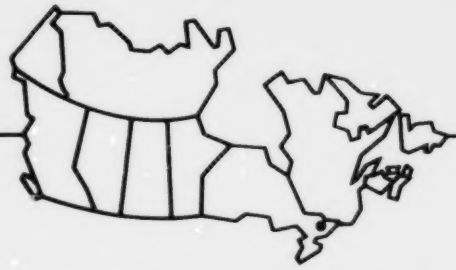
Government of Canada
Gouvernement du Canada

Canadian Forestry Service
Service canadien des forêts

Low-ground-pressure tires for skidders

B.J. Sauder



Information Report DPC-X-20
Research and Technical Services

87-01488/

THE CANADIAN FORESTRY SERVICE
GOVERNMENT OF CANADA

The Canadian Forestry Service is the principal source of federal expertise in forestry. Its general objective is to promote the wise management and use of Canada's forest resources for the economic, social, and environmental benefit of Canadians.

The following are the main functions of the CFS:

1. Coordination of federal policies, for the promotion of better resource management and forest industry development.
2. Provision of scientific and technological leadership in forestry through research and development.
3. Provision and analysis of national and international statistics and information as a basis for policy formulation.
4. Development and certification of codes and standards for wood product performance.
5. Protection of Canada's forests from foreign pests.
6. Fostering the potential use of the forest resource for energy.
7. Contributing to the environmental objectives of the government of Canada.

A number of federal agencies are involved in forestry programs and a Federal Forestry Sector Strategy Committee has been established to coordinate federal forestry activities. The Canadian Forestry Service has been designated the lead agency.

The Canadian Forestry Service is comprised of a headquarters unit, six forest research centres, and two national institutes. The forest research centres are responsive to regional priorities and maintain close liaison with the respective provincial government forestry departments and other clients. They also participate in, and frequently lead, national programs. The national institutes provide the focus for programs of national scope.

Low-ground-pressure tires for skidders

B.J. Sauder
MacMillan Bloedel Limited

Scientific authority
D.V. Myles
Canadian Forestry Service

Information Report DPC-X-20
Research and Technical Services
Canadian Forestry Service
Ottawa
1985

©Minister of Supply and Services Canada, 1985
Catalogue No. Fo46-13/20-1985E
ISBN 0-662-14186-5
ISSN 0705-324X

Copies of this report may be obtained without charge from:
Distribution Centre
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C7

D.V. Myles
Canadian Forestry Service
Ottawa, Ontario
K1A 1G5

Cette publication est aussi disponible en français sous le titre *Pneus à basse pression pour débusqueurs*.

SUMMARY

This report, prepared under contract to the Canadian Forestry Service (CFS), presents the results of a one-year trial of a skidder equipped with high-flotation tires. Experience with high-flotation (HF) tires in eastern Canada has already demonstrated their benefits compared with conventional tires. The intent of this trial was to evaluate the feasibility of yarding coastal sites with skidders equipped with HF tires. A concurrent study funded by the British Columbia Ministry of Forests and the CFS evaluated the site impact of the HF skidder.

Initially the performance of one skidder, a John Deere 640 line skidder equipped with 66 x 43 - 25 tires, was to be evaluated. During the latter part of the trial Firestone Canada Inc. made two sets of tires (66 x 43 - 26 and 66 x 50 - 26) available for testing. The trial was then expanded to allow evaluation of the various tire designs, and the performance of a John Deere 540 line skidder.

The overall average production level of 71 m^3 per 8-hour shift for the trial was lower than expected. Production levels varied from 48 to 166 m^3 per 8-hour shift over the five test sites. A sustainable average shift production approaching 125 m^3 appears a realistic goal, with greater experience.

Analysis of the site impact caused by the HF-tired skidder indicated that, on an overall harvesting area basis and for the soil types studied (sands to silt loams), there was no statistically significant difference between soil bulk density levels before and after logging.

Further research is required to document the impact of HF tires on other soil types. Effective methods of post-logging treatment of skid roads also need development. Scheduling of operations, prelogging location of major skid roads, adequate supervision, and operator training should minimize the environmental impact.

The tires survived a full year of operation and experienced approximately 50% tread wear after 1100 hours. The tires are considered by many contractors to be a feasible alternative to conventional skidder tires and increase the applicability of skidder systems on coastal sites.

Key words

skidders
high-flotation tires
soil compaction
site effects
steep slope harvesting

RÉSUMÉ

Dans ce rapport, préparé à contrat pour le Service canadien des forêts (SCF), sont présentés les résultats de l'essai pendant un an d'un débusqueur muni de pneus à basse pression. Les avantages de ces pneus par rapport aux pneus ordinaires ont déjà été démontrés dans l'est du Canada. Le but de l'essai était d'évaluer la faisabilité d'utiliser des débusqueurs munis de tels pneus sur les terrains côtiers. Les effets sur le sol ont été évalués dans une étude parallèle cofinancée par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et le SCF.

Au début, on devait évaluer un seul débusqueur, le John Deere 640, qui devait être équipé de pneus de dimensions 66 x 43 - 25. Toutefois, au moment où l'essai se trouvait dans sa dernière partie, Firestone Canada Inc. a offert deux trains de pneus (66 x 43 - 16 et 66 x 50 - 26) pour des essais. Il a donc été décidé d'élargir l'étude pour l'évaluation de ces pneus ainsi que du débusqueur John Deere 540.

La production moyenne globale pour l'essai , soit 71 m^3 par période de 8 heures de travail, est plus faible que prévue. La production a varié de 48 à 166 m^3 par période de 8 heures aux 5 emplacements d'essai. Avec une plus grande expérience, une production moyenne soutenue de près de 125 m^3 par période de travail semble un objectif réaliste.

L'analyse des effets sur le sol a indiqué, pour l'ensemble du territoire coupé et pour les types de sol étudiés (du sable au loam limoneux), aucune différence statistiquement significative entre les densités apparentes du sol avant et après l'exploitation.

Les effets des pneus à basse pression sur d'autres types de sol devront être étudiés. Il faudrait également mettre au point des méthodes efficaces pour le traitement des chemins de débusquage après l'exploitation. L'établissement d'un calendrier pour les opérations, la détermination de l'emplacement des principaux chemins de débusquage avant l'exploitation, une supervision appropriée et la formation des opérateurs devraient réduire au minimum les effets sur l'environnement.

Les pneus ont survécu à une année entière d'utilisation et après 1 100 heures montraient une usure de la bande de roulement d'approximativement 50 %. De nombreux entrepreneurs estiment que ces pneus peuvent remplacer les pneus dont sont pourvus habituellement les débusqueurs et qu'ils augmentent les possibilités des systèmes de débusquage sur les terrains côtiers.

Mots clés

débusqueurs
pneus à basse pression
tassement du sol
effets sur le sol
exploitation sur terrain fortement en pente

TABLE OF CONTENTS

Page

SUMMARY iii

RÉSUMÉ iv

INTRODUCTION 1

OBJECTIVES 2

PERFORMANCE EVALUATION 3
- Test sites 3
- Method 3
  - Operational performance 5
  - Traction testing 6
- Tires 6
- Machine 8
- Harvesting systems 8

RESULTS 8
- Production 8
- Tire pull versus slip 10

DISCUSSION 12
- Operational results 12
  - Advantages 12
  - Disadvantages 13
- Expected production levels 13
- Comparison with grapple yarder 13
  - Costs 14
  - Development costs 15
  - Fiber recovery 16
- Applicability 16

ENVIRONMENTAL IMPACT 16

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 17

ACKNOWLEDGMENTS 18

REFERENCES 18

APPENDIX I. DEFINITIONS AND STUDY FORM 21

APPENDIX II. RESULTS OF PULL VERSUS SLIP TEST 23

APPENDIX III. ECONOMIC IMPACT OF SOIL COMPACTION RESULTING FROM SKIDDER USE 24

Note

The exclusion of certain manufactured products or equipment does not necessarily imply disapproval, nor does the mention of other products necessarily imply endorsement by the Canadian Forestry Service.

INTRODUCTION

Except for the introduction of grapple yarding in the late 1960s, the systems applied to log British Columbia's coastal forest have altered little in the past 20 years. At the same time, the requirement to recover smaller pieces and the logging of old growth stands having lower timber volumes per unit area and smaller tree sizes have reduced the average log size and driven down man-day production. Development of mechanized systems for coastal conditions is necessary to improve the cost competitiveness of the coastal logging industry.

Rubber-tired tractors for skidding or transporting logs from stump to roadside are an integral part of most mechanized logging systems. Wheeled skidders can transport logs at one-half to two-thirds the cost of cable systems (Wellburn 1975). Research over the past several decades has, however, demonstrated that skidder logging may cause soil compaction (Bradshaw 1979; Dickerson 1976; Dyrness 1965; Froehlich 1976; 1978; 1979a, b; Mace 1970; Mace et al. 1971; Moehring and Rawls 1970; Steinbrenner 1955; Steinbrenner and Gessel 1955a) and a resultant loss in forest productivity (Foil and Ralston 1967; Froehlich 1979a, b; Garrison and Rummell 1951; Hatchell and Ralston 1971; Moehring and Rauls 1970; Steinbrenner 1955; Steinbrenner and Gessel 1955b; Youngberg 1959). (References that describe inappropriate equipment or misapplied technology have been excluded.) As the terrain most conducive to skidder logging is often the most productive forest land, the level of soil compaction caused by wheeled skidders is of interest.

Soil compaction may also result in rutting of the skid road. In high-rainfall areas, typical of coastal British Columbia, this rutting may cause water channeling and erosion of the soil down to bedrock. The loss of growing sites, and possible damage to the fishery resource by stream siltation, has restricted the use of skidders on coastal sites (Toews and Brownlee 1981).

Since 1980, the Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC) and several tire manufacturers have worked to develop high-flotation (HF) tires for wheeled skidders. These tires, otherwise known as low-ground-pressure tires, are wider and operate at lower inflation pressures than conventional skidder tires (Figure 1). Operational experience with HF-tire equipped skidders

Figure 1. Conventional 23.1 - 26 tire (front), inflated at 152 kPa (22 psi); and HF 66 x 43 - 25 tire (rear), inflated at 83 kPa (12 psi). (Photo taken during tire changeover.)

in eastern Canada has identified several advantages (Mellgren and Heidersdorf 1984) over conventionally tired skidders, including:

- increased productivity
- reduced fuel consumption
- reduced ground disturbance
- reduced soil compaction
- improved operator comfort
- improved machine stability.

These results indicated that there was an opportunity to increase the coastal forest area suitable for skidder operation by using HF tires.

OBJECTIVES

This report presents the results of a one-year trial, funded by the Canadian Forestry Service (CFS) to determine whether an HF-tired skidder is a feasible alternative to cable systems for yarding coastal sites with slopes less than 35%.

Specific trial objectives included:

- to describe the technical and operating characteristics of a line skidder equipped with HF tires
- to record productivity under measured conditions
- to obtain production levels, mechanical availability, machine utilization, and causes of delay over the trial period
- to compare the logging performance of an HF-tired skidder with conventional cable systems.

Soil data were collected (Figure 2) as part of a study funded by the British Columbia Ministry of Forests and the CFS to determine the site impact of the HF-tired skidder.

Figure 2. Soil and site impact data were collected at three of the test sites.

Initially the performance of one skidder, a John Deere 640 line skidder (Figure 3) equipped with Goodyear 66 x 43 - 25[1] tires (168 x 109 - 64 cm) was to be evaluated. During the latter part of the trial Firestone Canada Inc. made two sets of tires available for testing, 66 x 43 - 26 and 66 x 50 - 26 (168 x 109 - 66 cm and 168 x 127 - 66 cm). The trials were then expanded to allow evaluation of the various tires.

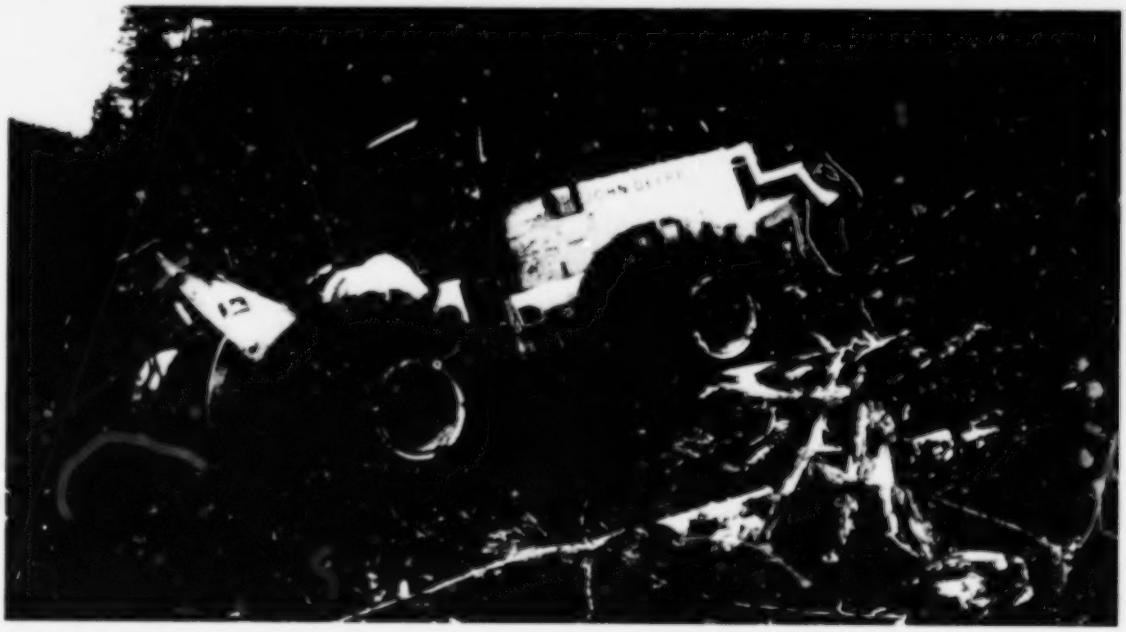


Figure 3. HF tires were installed on a JD640 skidder equipped with winch and mainline.

PERFORMANCE EVALUATION

Test sites

The HF-tired skidder operated at five locations on eastern Vancouver Island (Figure 4; Table 1) from 1 September 1983 until 31 May 1984. Weather during the period (rain and snow) produced the most severe operating conditions to be expected in the area. The timber stands ranged from low-elevation alder (*Alnus rubra* Bong.) to high-elevation cypress [*Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Spach] and hemlock [*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.]. Average piece sizes ranged from 0.69 to 2.2 m^3.

Method

Operational performance

Three levels of data collection were employed to evaluate the performance of the HF-tired skidder (Cottell et al. 1976; McMorland 1977; Powell 1978).

---

[1]Three-number code identifies tire diameter in inches x tire width in inches - diameter of the bead opening in inches.

Detailed timing data – Measure and record:

- productive time elements of each work cycle (turn)
- delays
- number of pieces per turn
- sample log volumes
- terrain and skid road use

Shift level data – Record:

- delay times and categories (causes)
- scheduled machine operating hours

Figure 4. HF-tired skidder operated at five locations on eastern Vancouver Island.

Table 1. Site descriptions

Factor	Site				
	1	2	3	4	5
Topography	Flat terraces, one major side hill with slopes up to 40%	Undulating terrain, slopes reaching 35%	Flat	Flat	Undulating terrain, slopes reaching 35%
Timber type	Red alder/conifer	Cypress/hemlock	Douglas-fir	Cedar/hemlock	Hemlock/amabilis fir
(percent species mix)	(73/27)	(55/45)	(100)	(93/7)	(77/23)
Stand volume, m^3/ha	150	560	350	400	753

- production (pieces/shift)
- operating conditions
- operator comments

Operational data – Record:

- stand species composition
- volume per hectare
- topography (e.g. slope, obstacles)
- soil characteristics

The detailed timing data were collected on site by a technician using standard stopwatch procedures. The work cycle was broken down into seven work elements. Shift level information was recorded daily by the machine operator on shift report forms (Appendix I).

Traction testing

To evaluate the traction efficiencies of various tires and the effect of varying tire inflation pressure, a test of pull versus tire slip was performed. A test track of 52.4 m (10 times the tire circumference) was marked out on a loosely compacted gravel parking area. The skidder was connected to a crawler tractor via a wire rope strap attached to a 222-kN capacity load cell (Figure 5). A digital readout was located in the crawler operator's cab; the load on the skidder was achieved by application of the crawler tractor's brakes. Load ranges of 19.75–30, 44-46, and 51–53 kN were applied. The tires were marked with a single radial line and each test was recorded on video tape. Tire revolutions were counted during slow-motion playback of the video tape. The HF tires were tested at 103 and 69 kPa, whereas the standard 23.1 - 26 (58 - 66 cm) tires were inflated to 152 kPa. Each combination of tire type, load, and tire inflation was tested three times with the skidder in second gear.

Figure 5. A load cell was used to measure and control the load applied to the skidder during traction tests.

Tires

During the trial, three sets of HF tires were tested (Table 2). The tires normally supplied with the JD640 line skidder are 23.1 - 26 inflated at 152 kPa. These standard tires were mounted only for the pull versus slip test and were not used during the logging trials. The major difference between the HF tires was their lug angles, 45° for Goodyear and 23° for Firestone.

Table 2. Low inflation pressures of high-flotation tires

Manufacturer	Tire Size, inches (cm)						Inflation Pressure			Lug	
	Dia		Width		Rim Dia		Ply	kPa	(psi)	Angle, °	Depth, cm
Goodyear	63	(160)	23.1	(59)	26	(66)	10	152	(22)	23	5.1
Goodyear	66	(168)	43	(109)	25	(64)	12	83	(12)	45	5.1
Firestone	66	(168)	43	(109)	26	(66)	10	83	(12)	23	5.1
Firestone	66	(168)	50	(127)	26	(66)	10	83	(12)	23	3.2

The HF tires operated at significantly lower inflation pressures than standard tires. If the effect of the tire wall is ignored, the contact pressure between the tire and ground must be equal to the tire pressure (Yoder and Witczak 1975). The HF tires reduce the ground loading by approximately 50%. The lower inflation pressure, increased tire width, and flexible sidewalls make these tires unique in their ability to produce a large footprint area (low ground loading), reduced rolling resistance, and softer ride. The ability of the HF tires to survive in west coast operating conditions (heavy slash, large stumps, exposed rock) is critical, however, to their acceptability.

With the 109-cm (43-inch) wide tires installed, total machine width was increased from 2.4 m to approximately 3.6 m. The wider stance improved machine stability on sidehills and reduced the machine's angular roll (Mellgren and Heidersdorf 1984).

All the HF tires tested were tubeless. Several modified rim designs were used to maintain the seal between the tire bead and the wheel rim. Firestone incorporated an inner ridge with a one-piece rim (Figure 6) to prevent separation of the tire and rim; Goodyear utilized a retainer outside ring (Figure 7) and a two-piece rim.

Four 109-cm-wide tires equipped with rims cost $15 000-$20 000 Canadian (1984 prices) depending on tire manufacturer and rim design.

Machine

The tires were mounted on a standard John Deere 640 line skidder. The machine was equipped with an 82-kW six-cylinder turbocharged diesel engine and weighed 9027 kg. No modifications to the standard machine were necessary to accommodate the wider tires, and full manufacturer's warranty applied.

At site 4 the contractor installed the HF tires on his 67.1-kW JD540 line skidder. The contractor did not modify his machine; however, John Deere recommends equipping the 540 model with 640-sized axles when using HF tires.

Figure 6. Firestone HF tires were mounted on a one-piece rim.

Figure 7. Goodyear HF tires were mounted on a two-piece rim with the continuous retainer outside ring.

Harvesting systems

All harvest areas were felled manually; in portions of sites 4 and 5 the "cut-and-skid" system was used, with trees felled one turn at a time (Table 3). At site 2 some large windfall material was removed with the skidder prior to clear-felling, to reduce the incidence of tree breakage.

Table 3. Harvesting system applied

Factor	Site				
	1	2	3	4	5
Felling	Manual felling, clear fell	Manual felling and bucking, clear fell after removal of windfalls	Manual felling and bucking, clear fell	Manual felling, clear fell and cut and skid	Manual felling, clear fell and cut and skid
Yarding	Full tree, limb and top at landing	Log length	Log length	Full tree, limb and top at landing	Full tree, limb and top at landing
Average yarding distance, m	240	175	60	175	100
Crew level	1 and 2	1 and 2	2	1 and 2	1 and 2
Tire type	Goodyear 66 x 43 - 25 Firestone 66 x 43 - 26	Goodyear 66 x 43 - 25	Firestone 66 x 43 - 26	Goodyear 66 x 43 - 25	Firestone 66 x 43 - 26
Machine	JD640	JD640	JD640	JD540	JD640

RESULTS

Production

For the five sites, mechanical availability of the skidder exceeded 80% (Table 4). Overall, tire problems accounted for a 2.5% loss (0.2 hour delay per 8-hour operating shift) in mechanical availability. The relatively high tire-related delays experienced in site 3 were a result of seating the tire bead of the newly installed Firestone tires; this is considered a nonrecurring delay. Wire rope, mechanical problems, and service time contributed to the remaining 13.5% of time lost. None of the mechanical problems was attributable to use of the HF tires.

Table 4. Shift level (machine availability was 84% during the trial; machine utilization was 67%)

Factor	Site					Total and Weighted Average
	1	2	3	4	5	
No. of shifts	55	17	6	9	24	111
Scheduled machine-hours (SMH) per shift	8	8	8	8	8	8
Productive machine-hours (PMH) per shift	5.0	6.8	5.5	5.0	5.5	5.4
Delay, hours per shift						
Repair						
Machine	1.6	0.7	0.2	0.6	0.1	1.0
Tires	–	–	1.1	0.6	0.1	0.2
Service	0.1	–	–	–	0.4	0.1
Nonmechanical	1.3	0.5	1.1	1.8	1.7	1.3
Machine availability, %*	78	92	83	84	91	84
Machine utilization, %*	62	85	69	62	69	67
Mechanical nonavailability, %**	34	10	25	22	13	24

*Berard, J.A.; Dibblee, D.H.W.; Horncastle, D.C. 1968. Standard definitions for machine availability and utilization, WSI No. 2428 (B-1), Can. Pulp Paper Assoc., Montreal, 2 p.

**Mechanical nonavailability: repair and service time required to achieve 100 productive machine hours.

Machine utilization averaged 67% during the trial. The low utilization level reflected a combination of weather-related delays and, in the case of sites 4 and 5, interaction delays between the fallers and the skidders.

Productivity exceeded 100 m^3 per 8-hour shift at sites 3 and 4 (Table 5). The small average piece size and a maximum of five chokers installed on the skidder resulted in a low level of productivity in site 1.

Highest production (per shift) was achieved at site 3, which had the smallest total turn time (Table 6) and shortest average yarding distance. Trail building accounted for 14.5% of the total time per turn in site 4. The extremely swampy ground in this site required portions of the main skid road to be

Table 5. Productivity (average gross volume produced varied from 48 to 166 m^3 per shift)*

Factor	Site					Total and Weighted Average
	1	2	3	4	5	
Machine	JD640	JD640	JD640	JD540	JD640	
Shifts recorded	55	17	6	9	24	111
Average no. of logs per 8-hr shift	69.1	38.6	166.0	66.0	54.9	66.3
Average piece size, m^3	0.7	2.2	1.0	1.8	1.3	1.2
Average gross volume produced, m^3 per 8-hr shift	48.4	84.9	166.0	118.8	71.4	71.0
Productivity per productive machine hour, m^3/PMH	9.7	12.5	30.2	23.8	13.0	13.1
Productivity per scheduled machine hour, m^3/SMH	6.0	10.6	20.7	14.9	8.9	8.9

*Based on shift level reports for the total study period.

Table 6. Productivity time*(Hookup time consumed the greatest proportion of productive time)**

Factor	Site					Total and Weighted Average
	1	2	3	4	5	
Turns recorded	461	66	216	198	418	1359
Travel empty	1.86	2.61	1.22	2.11	1.99	1.87
	(9.0)	(12.2)	(9.1)	(11.0)	(8.3)	(9.1)
Maneuver	0.07	0.04	0	0.01	0.01	0.03
	(0.3)	(0.2)	(0)	(0.1)	(0)	(0.1)
Hookup	5.40	7.73	3.01	3.98	5.65	5.00
	(25.8)	(36.3)	(22.6)	(20.7)	(23.5)	(24.4)
Move during loading	0.20	0.16	0.02	0.07	0	0.09
	(1.0)	(0.8)	(0.1)	(0.4)	(0)	(0.4)
Travel loaded	1.97	3.04	1.53	2.32	2.42	2.14
	(9.4)	(14.2)	(11.5)	(12.1)	(10.1)	(10.5)
Unload	1.06	0.88	1.23	0.69	0.72	0.92
	(5.0)	(4.1)	(9.2)	(3.6)	(3.0)	(4.5)
Deck	1.89	1.55	1.58	1.73	1.94	1.82
	(9.0)	(7.3)	(11.9)	(9.0)	(8.1)	(8.9)
Trail-build	0.67	1.68	0.58	2.79	2.45	1.56
	(3.2)	(7.9)	(4.4)	(14.5)	(10.2)	(7.6)
Delay	7.85	3.63	4.16	5.48	8.86	7.02
	(37.5)	(17.0)	(31.2)	(28.6)	(36.9)	(34.3)
Total time per turn	20.93	21.32	13.33	19.18	24.04	20.45
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

*Measured in minutes; parentheses denote percentage.

**Based on detailed timing data.

corduroyed to allow skidder passage. Overall, hookup time was the largest single component of productive time. Delays, however, were the largest component of total turn time and represent an opportunity for significant improvement in productivity.

The key to maintaining machine productivity is the operator's ability to maximize payload per turn. Table 7 shows that for sites 2 and 4 the average gross volume per turn achieved was 5.4 m^3, or 1.74 times the average turn size for site 1. Mechanical bunching or increasing the number of chokers on the machine would increase payload in low-density, small-piece-sized timber. In deciduous stands such as site 1, the "cut-and-skid" system would be attractive because the problems of interlocking crowns after clear felling would be minimized.

Table 7. Gross volume per turn (varied from 3.1 to 5.4 m^3)*

Factor	Site					Total and Weighted Average
	1	2	3	4	5	
Turns recorded	461	66	216	198	418	1359
Average no. of logs per turn	4	2	5	3	3	3.6
Average gross vol. per turn, m^3	3.1	5.4	4.6	5.4	4.1	4.1
Average no. turns per shift	20	22	36	22	18	22
Average production per shift, m^3	62	119	166	119	74	93

*Based on sample scaling of skidded logs and performance data recorded during detailed timing of approximately 62 shifts.

Tire pull versus slip

In all cases the HF tires were more efficient (pulled harder and experienced less slippage) than the standard 23.1 - 26 skidder tires (Figure 8; Appendix II). The 23.1 - 26 tires spun out twice and only completed one turn at the 35.6 kN loading. The test results supported Mellgren's hypothesis that traction efficiency improves with lower inflation pressures (Mellgren and Heidersdorf 1984); all HF tires performed better at 69 than 103 pKa (Figure 9).

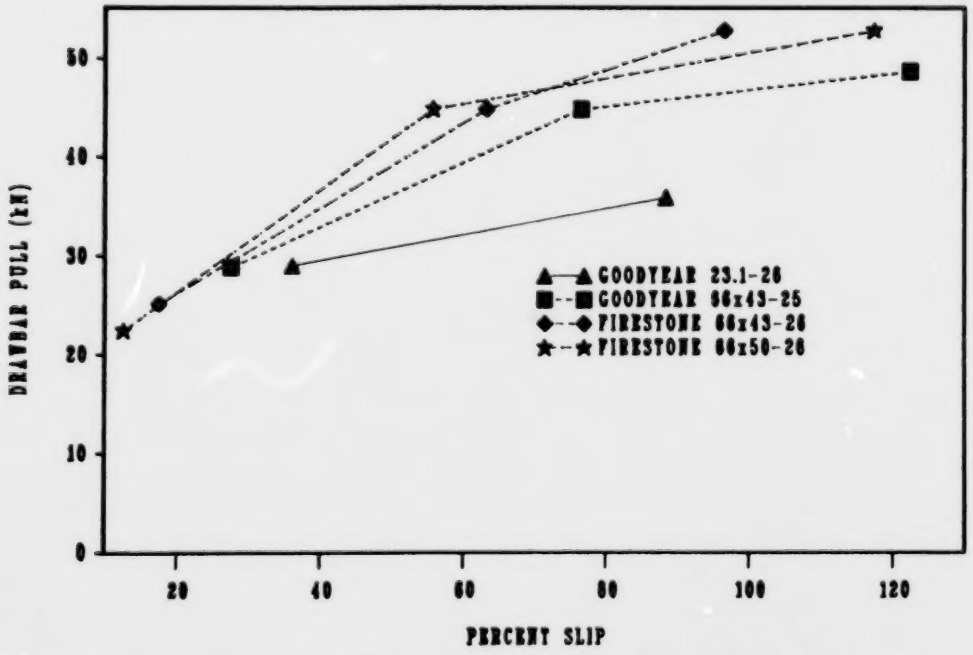


Figure 8. All HF tires (inflated to 103 kPa) were more efficient than standard tires.

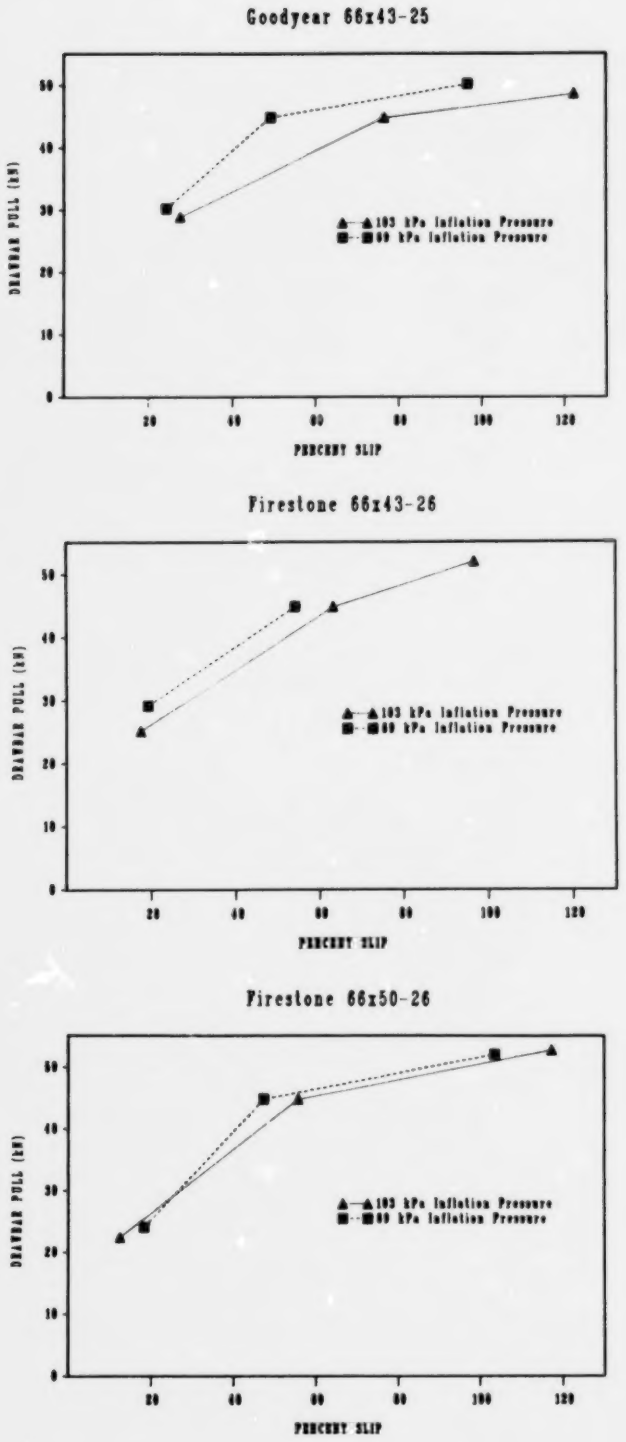


Figure 9. HF tires provided higher drawbar pull at lower inflation pressures.

Fuel consumption levels were not measured during the trial but, by inference, reduced slippage should result in more effective use of horsepower applied or fuel consumed.

The Firestone 66 x 50 - 26 tires experienced some bouncing during the pull tests (excessive bouncing preceded spinout). The bouncing may be a result of the shallow lug design of this tire. The Firestone 66 x 43 - 26 tires inflated at 69 and 103 kPa did not spin out, but stalled the machine. Maximum drawbar pull recorded just prior to stall was 62.4 and 65.0 kN for 69 and 103 kPa, respectively. For the test ground conditions the 23° lug angle of the Firestone tires appeared to give better traction. However, these tires were almost new, with little tread wear; they are not directly comparable with the Goodyear HF tires which had approximately 40% wear.

DISCUSSION

Operational results

The HF tires have survived a year of operation under west coast logging conditions and are considered to be a feasible alternative to conventional skidder tires. The Goodyear 66 x 43 - 25 tires originally installed for the trial operated for approximately 1100 hours and experienced 50% tread wear. Sidewalls were in good condition after the trial; retreading or relugging of these tires is considered feasible.[1]

The trials have demonstrated that a tire width of approximately 1 m is adequate for flotation and does not prevent the skidder from maneuvering between the stumps. The operators noted even greater flotation with the Firestone 66 x 50 - 26 tires, but thought that the marginal flotation improvement did not warrant the increased cost and operational difficulties presented by the wider tire.

Some contractors are considering HF tires of larger diameter (73 x 44 - 32; 185 x 112 - 81 cm) to improve ground clearance and flotation. These larger diameter tires may be necessary to accommodate the greater wheel loadings experienced on skidders equipped with larger cables and heavier chokers. Operators felt that the Firestone 23° lug angle gave better traction in slippery conditions (confirmed in pull tests) than the Goodyear's 45°, but the opportunity for site disturbance was increased. The newly available Goodyear 73 x 44 - 32 tires have a modified lug design with lug angles approaching 23°.

Operator comments on the HF tires included:

Advantages

Stability

- The machine could safely turn around on a 35% side slope.
- On steep slopes the larger wheel base improved stability while winching.

Softer ride

- On established skid trails and areas relatively free from debris, the wide axle beam resulted in a smooth ride.
- Lower ground pressure reduced compaction of soil around stumps; stumps did not protrude farther from the ground with time as they do with standard tires.
- Softer ride contributed to less operator fatigue.

---

[1]MacKenzie, B. 1984. Personal correspondence. Contract Tire Ltd., Port McNeill, B.C.

Wet area traction

- The machine was able to skid through wet areas inaccessible to skidders equipped with conventional tires.
- Logging season could be extended into wet winter months.

Performance on slopes

- The machine operated on slopes measured up to 35%.
- On uphill grades the machine could push with greater force to clear debris (stumps were left in place wherever possible).

Disadvantages

Loss of traction

- HF tires prevented spinning out of tops and debris, which would have allowed the tires to make good ground contact; this hampered climbing ability (especially in reverse). Adverse-sloped skid trails had to be kept clear of debris.

Extra width

- Wider track resulted in increased tire contact with stumps, causing rougher ride and loss of traction when traveling off skid trails; skid trails had to be chosen carefully.

The lower inflation pressures and tubeless construction of the HF tires increases the possiblity of air leakage at the tire bead. Beads or side rings can be pushed away from the wheel rim if the skidder is run alongside log decks, or if debris is forced between the tire and rim. Clearing the tire bead area of debris should be considered a normal service activity. Tire sidewalls should incorporate a debris deflector at the bead. If a two-piece rim is used, the outside ring must be continuously retained. Neither the Goodyear nor Firestone tires required a "bead lock" type of rim. Tires were mounted dry without lubricant; no slippage between tire and rim occurred during the trial even with inflation pressures as low as 69 kPa.

The smoother ride produced by the HF tires was felt to reduce shock loading on mechanical components and whole body vibration experienced by the operator. Although no comparative data are available, the equipment supplier believed that the skidder equipped with HF tires experienced fewer of the maintenance problems normally associated with skidders using conventional tires.[1]

Expected production levels

Overall production levels for the trial were lower than expected, largely because half of the study shifts were spent in a deciduous stand with small trees. Experience with skidders in other regions indicates that significant productivity improvement should be expected as familiarity with the system increases.[2] A sustainable average production approaching 125 m^3 per 8-hour shift appears realistic. This would require machine utilization of 75% and productivity of 21 m^3 per productive machine-hour (a level exceeded in sites 3 and 4).

Comparison with grapple yarder

Grapple yarders equipped with mobile tailholds (bulldozers or backhoes equipped with short spars or masts to support tailblocks) are the current preferred logging equipment for the type of terrain to

---

[1]Robinson, J. 1984. Personal correspondence. Coast Tractor and Equipment, Campbell River, B.C.

[2]Weinard, R.H. 1984. Personal correspondence. Northwood Pulp and Timber Ltd., Prince George, B.C.

which HF-tired skidders appear applicable (slopes up to 35%). To be a feasible alternative the HF-tired skidder must be able to yard logs at lower cost and achieve acceptable ground disturbance levels compared with this cable system. Although no long-term side-by-side comparison of HF skidder and grapple yarder occurred during the study, the following suggests the HF skidder's potential.

Costs

If the cost index of a grapple yarder equipped with a mobile tailhold and a two-man crew is assumed to be:

	Cost Index[1]
Capital	45
Operating	55
Total	100

Then the comparable cost index of an HF-tired skidder is:

	Cost Index	
	1-Man Crew	2-Man Crew
Capital	9	9
Operating	20	31
Total	29	40

Further, if the sustainable production level of the HF-tired skidder is assumed to be 45% that of a grapple yarder, then the comparative production cost index would be:

	Production Cost Index
Grapple yarder	100
HF skidder (1-man crew)	64
(2-man crew)	88

Figure 10 illustrates the sensitivity of yarding costs to changes in the base level of production. A grapple yarder operating at 100% of its base production level would achieve yarding costs of a two-man HF-tired skidder operation at 88% of its base production level.

Equipment scheduling and utilization are major concerns of a woods manager. The grapple yarder's high capital cost per hour represents the substantial investment required for purchase. Capital cost represents 45% of the total yarding cost for the grapple system, compared with 31% and 22% for the HF-tired skidder crewed by one or two persons respectively. The variable-cost proportion of the skidder system is an advantage when equipment must be replaced to maintain productivity during periods of capital scarcity, and when operational shutdowns are expected.

---

[1]Cost index based on equipment costs developed using standard accounting formulas.

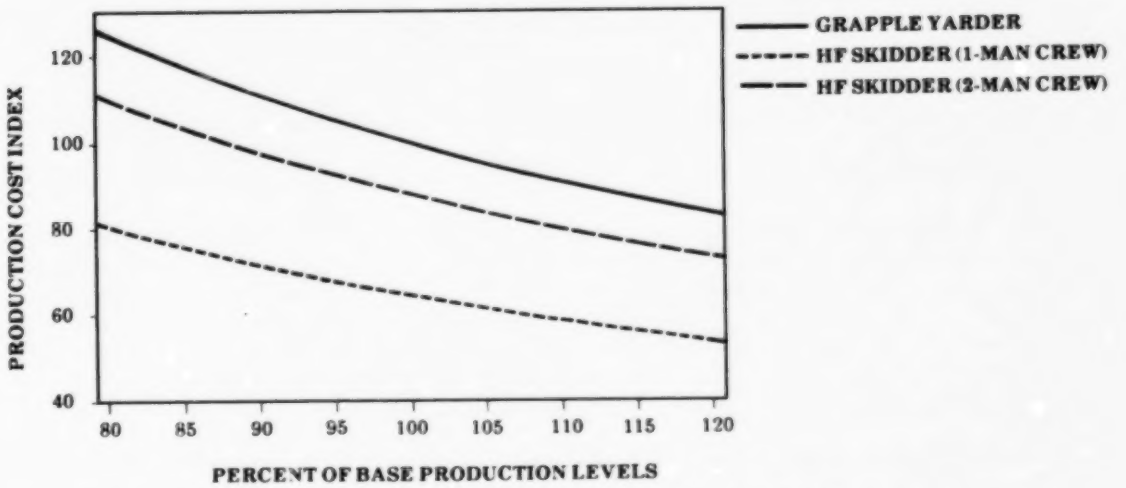
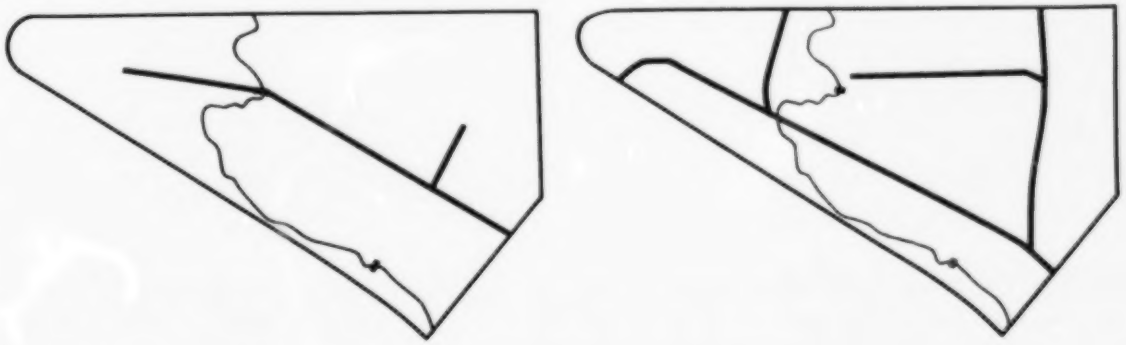


Figure 10. Sensitivity of production cost index to varying levels of production.

Development costs

Skidders, unlike cable systems, are not constrained by deflection requirements. Maintenance of efficient yarding distance and minimizing of environmental impact are the primary concerns of access. Figure 11 shows a hypothetical comparison of the road requirements of a flat site logged by a grapple yarder and by a skidder. Windrow piling of the wood by the grapple yarder requires that roads be extended to the site boundaries. The skidder requires 1184 m less road, a 51% saving in development cost. This saving does not include the elimination of backspar roads or the opportunity to construct lower-standard roads for the lighter-weight skidder.



HF skidder:
Total road length, 1128 m

Grapple yarder:
Total road length, 2312 m

Figure 11. For a flat site the HF skidder requires 1184 m less road than a grapple yarder.

Operators using HF-tired skidders may also be able to increase the timber volume accessible to existing road networks.[1] In areas with severely broken topography the grapple's maximum yarding distance may be reduced to less than 90 m, well below the machine's theoretical yarding distance capability (generally 240 m). The HF-tired skidder can yard areas that are isolated behind terrain breaks but are still within feasible skidding distance, as long as ground slope is not a limiting factor.

Fiber recovery

A skidder's production is relatively insensitive to changes in average piece size: chokers can be added or removed to maintain optimal turn size. Grapple yarders, however, are extremely sensitive to piece size because yarding generally proceeds one piece at a time. The lesser impact of piece size and lower operating costs for the skidder allow it to recover smaller logs that are marginally uneconomic for the grapple system. Mechanical bunching of small trees to produce larger turn sizes for the grapple yarder will improve this system's productivity. However, application of the same bunching techniques for the skidder will maintain the relative advantage of the skidder system.

The skidder's flexibility also contributes to higher fiber-volume recovery. At site 3, windfall material was removed prior to clear-felling, significantly reducing the breakage. Applying the cut-and-skid method also reduced breakage, and resulted in recovery of low-inventory-volume stands subject to degradation of value due to insect attack, as well as accumulating interest charges.

Applicability

It is feasible for HF skidders to operate successfully and at lower cost than grapple yarders on wet and moderately sloping sites. Acceptable productivity will be achieved with improved site layout, and provision of landing facilities adequate to accommodate that productivity. Experience indicates that cumulative advantages exist if more than one skidder is employed in the same general area (one skidder can retrieve another if a mechanical problem occurs in the woods; supervision and maintenance support can be more concentrated).

The use of HF tires may not be necessary during all seasons or for all sites. Operators should consider a set of both conventional and HF tires to achieve maximum operating flexibility. During periods of high rainfall, alternative areas should be available if high water table conditions exist. With planning and adequate supervision, year-round use of the skidder should be possible.

The highest production rates were achieved by a two-man company crew at site 3. The choice of crew levels and system configuration (cut and skid, or clearcut and skid) should be made after considering the production versus cost relationship. To achieve maximum efficiency, management must have the opportunity to vary crew levels depending on the site characteristics. Similarly, the decision to operate the units by company or contract crews should be made after considering labor availability, performance, and experience levels.

ENVIRONMENTAL IMPACT

As the terrain most conducive to skidder logging is generally the most productive coastal forest land, there is a recognized concern for the disturbance levels attributed to skidding. Soil compaction,

---

[1]McDermid, G. 1984. Personal correspondence. Whonnock Industries Ltd., Vancouver, B.C.

causing reduced forest productivity and increased surface water flow on skid trails, has been identified as an impact of skidder logging (Dickerson 1976; Froehlich et al. 1981). However, one must evaluate these concerns carefully (Appendix III).

A study (Rollerson 1985), funded by the British Columbia Ministry of Forests and the CFS, to measure the ground compaction and mineral soil exposed during yarding with the HF-tired skidder was undertaken concurrently with the productivity study. The study report's summary states:

- A trend of increasing bulk density with increasing numbers of return trips with an HF skidder along skid trails is apparent; however, the increases are quite low and should not have a detrimental effect on seedling growth.

- Measurements of soil bulk density over the total site before and after logging show no significant increase in overall densities. In one case where the effect of the HF skidder is compared with that of a cable logging system, there is no difference between the two systems.

- Increasing HF skidder traffic along skid trails results in increasing exposure of mineral soil, especially on steeper slopes.

- Severe rutting can occur with excessive HF skidder traffic on medium textured soils under high soil moisture conditions, especially if surface slash and stumps are bladed away.

The study raises concerns regarding mineral soil exposure, rutting, and soil erosion. Further research is required, to determine the long-term impact of rutting, establish acceptable levels, and develop effective post-logging rehabilitation methods to alleviate the associated problems. The impact of HF skidder use on soil types not encountered during the trial should also be monitored. Attention to planning, including prelogging location of major skid trails, and scheduling, adequate supervision, operator training (Toews and Brownlee 1981), and provision of easily understandable reference material such as the FERIC skidding handbook (FERIC 1976) will keep site impact of skidding within acceptable limits.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The trial of HF-tired skidders demonstrated that the tires can stand up to coastal logging conditions. High-flotation tires increase the forest area to which skidder systems are applicable. Savings in yarding and road development costs should result in reduced timber harvesting costs for these systems compared with grapple yarder systems.

Labor and management problems such as the setting of crew levels, the choice of company or contractor crews, and balancing of equipment utilization must be resolved before widespread use of HF-tired skidders is realized.

Although the HF tires generate a softer ride, research is still needed to improve operator comfort. The HF tires were tested at 83 kPa; perhaps even lower tire inflation pressures (55 kPa) are possible to improve traction and operator comfort and reduce mechanical shock loading.

Environmental concerns cannot be ignored, nor should they be overstated. Efforts must be made to minimize the opportunity for catastrophic site degradation. A learn-as-we-go approach should be adopted on the part of both government regulators and equipment users. Research should continue to evaluate the impact of various skidder and tire design combinations on sites of different soils and

slopes. This research could encourage development of rational operating and planning guidelines. Effective methods for post-logging treatment of skid roads should also be developed.

A successful movement toward increasing use of mobile logging systems by the coastal forest industry is one key to regaining competitiveness. The advent of HF tires will allow skidders to assume their role as a primary yarding system for the British Columbia coast.

ACKNOWLEDGMENTS

The author wishes to thank the staff of the following companies for their assistance during the trial:

A.H. Jackson Corp.
Coast Tractor and Equipment Ltd.
Contract Tire Ltd.
Forest Engineering Research Institute of Canada
Firestone Canada Inc.
Goodyear Canada Ltd.
John Deere Ltd.
Seeley Logging Ltd.

Thanks are also given to Mr. D.V. Myles of CFS, and to the Canadian Forestry Service and the British Columbia Ministry of Forests for their financial support of the trial. The assistance of the MacMillan Bloedel Limited logging divisions that participated is also gratefully acknowledged.

REFERENCES

Bockheim, J.G.; Ballard, T.M.; Willington, R.P. 1975. Soil disturbance associated with timber harvesting in southwestern British Columbia. Can. J. For. Res. 5:285-290.

Bradshaw, G. 1979. Preplanning skid trails and winching versus conventional harvesting on a partial cut. Forest Research Lab, Oregon State Univ., Corvallis, Oregon. Research Note 62, 4 p.

Cottell, P.L.; McMorland, B.A.; Wellburn, G.V. 1976. Evaluation of cable logging sytems in interior B.C. and Alberta. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver, B.C., TR-8, 40 p.

Dickerson, B.P. 1976. Soil compaction after tree length skidding in northern Mississippi. Soil Sci. Soc. Am. J. 40:965-966.

Dyrness, C.T. 1965. Soil surface condition following tractor and highlead logging in the Oregon Cascades. J. For. 63:272-275.

Foil, R.R.; Ralston, C.W. 1967. The establishment and growth of loblolly pine seedlings on compacted soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31:565-568.

Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC). 1976. Handbook for ground skidding and road building in British Columbia. Vancouver, B.C., 41 p.

Froehlich, H.A. 1976. The influence of different thinning systems on damage to soils and trees. Pages 333-344 *in* Proc. XVII IUFRO World Congress, Division IV.

Froehlich, H.A. 1978. (1) The physical effects of timber harvesting on forest soils. Pages 229-237 *in* Proc. Soc. Am. Foresters National Convention, Albuquerque, New Mexico.

Froehlich, H.A. 1979a. (2) Soil compaction from low ground pressure, torsion suspension logging vehicles on three forest soils. Forest Research Lab, Oregon State Univ., Corvallis, Oregon, Research Paper 36, 13 p.

Froehlich, H.A. 1979b. The effect of soil compaction by logging on forest productivity. Bureau of Land Management, Portland, Oregon. Final Report Contract No. 53500-CT4-5(N), Part I, 19 p.

Froehlich, H.A.; Aulerich, D.E.; Curtis, R. 1981. Forest Research Lab, Oregon State Univ., Corvallis, Oregon, Research Paper 44, 13 p.

Garrison, G.A.; Rummell, R.S. 1951. First year effects of logging on ponderosa pine forest range lands of Oregon and Washington. J. For. 49:708-713.

Hatchell, G.E.; Ralston, C.W. 1971. Natural recovery of surface soils disturbed in logging. Tree Planters Notes 22 (2):5-9.

Hatchell, G.E.; Ralston, C.W.; Foil, R.R. 1980. Soil disturbances in logging, effects of soil characteristics and growth of loblolly pine in the Atlantic coastal plain. J. For. 68:772-775.

Haupt, H.V. 1960. Variation in aerial disturbance produced by harvesting methods in ponderosa pine. J. For. 58:634-639.

Mace, A.C., Jr. 1970. Soil compaction due to tree length and full tree skidding with rubber tired skidders. School of Forestry, Univ. of Minnesota, Minnesota Forestry Research Notes No. 214, 4 p.

Mace, A.C., Jr.; Williams, T.; Tapeiner, J.C., II. 1971. Effects of winter harvesting methods on soil bulk density and infiltration rates. College of Forestry, Univ. of Minnesota, Minnesota Forestry Research Notes No. 228, 4 p.

Mellgren, P.G.; Heidersdorf, E. 1984. The use of high flotation tires for skidding in wet and/or steep terrain. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Pointe Claire, Quebec, TR-57, 48 p.

McMorland, B.A. 1977. Evaluation of Volvo BM 971 clam bunk skidder. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver, B.C., TR-16, 43 p.

Moehring, D. 1970. Forest soil improvement through cultivation. J. For. 68:328-331.

Moehring, D.; Rawls, I.W. 1970. Detrimental effects of wet weather logging. J. For. 68:166-167.

Myles, D.V. 1981. Present situation and trends in occupational safety and health and applied economics in highly mechanized logging operations for Canada. Pages 65-75 *in* Seminar Proc. FAO/ECE/ILO, Ottawa, 21-25 September, 1981.

Perry, T.O. 1964. Soil compaction and loblolly pine growth. Tree Planters Notes No. 67:9.

Packee, E.C. 1969. Access logging. Forestry Division, MB Project E 68-7.

Powell, L.H. 1978. Production and performance studies of FMC 200 series skidders. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver, B.C., TR-29, 37 p.

Power, W.E. 1974. Effect and observations of soil compaction in the Salem district. USDA, Bureau of Land Management, Tech. Note No. 256.

Rollerson, T.P. 1985. Compactive effects of a low ground pressure skidder. Land Use Planning Advisory Team, Woodland Services, MacMillan Bloedel Limited, Nanaimo, B.C.

Sidle, R.C.; Drlica, D.M. 1981. Soil compaction from logging with low ground pressure skidders in the Oregon coast range. Soil Sci. Soc. Am. J. 45 (6):1219-1223.

Smith, R.B.; Wass, E.F. 1976. Soil disturbance, vegetative cover and regeneration on clearcuts in the Nelson Forest District, B.C. Can. For. Serv., Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC-X-151, 37 p.

Steinbrenner, E.C. 1955. The effect of repeated tractor trips on the physical properties of some forest soils. Northwest 29 (4):155-159.

Steinbrenner, E.C.; Gessel, S.P. 1955a. The effect of tractor logging on physical properties of some forest soils in southwestern Washington. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:372-376.

Steinbrenner, E.C.; Gessel, S.P. 1955b. Effect of tractor logging on soils and regeneration in the Douglas fir region of southwestern Washington. Pages 77-80 *in* Soc. Am. For. Proc.

Toews, D.A.A.; Brownlee, M.J. 1981. A handbook for fish habitat protection on forest lands in B.C. Land Use Unit, Habitat Protection Div, Field Services Branch, Dept. of Fisheries and Oceans, Vancouver, 166 p.

Wellburn, G.V. 1975. Alternative methods for logging steep slopes in the Nelson Forest District of B.C. Can. For. Serv., Forest Management Inst., Ottawa, Info. Report FMR-X-76, 72 p.

Woolridge, D.D. 1960. Watershed disturbance from tractor and skyline crane logging. J. For. 58:369-372.

Yoder, E.J.; Witczak, M.W. 1975. Principles of pavement design, 2nd Ed., John Wiley & Son, Inc., New York, 711 p.

Youngberg, C.T. 1959. The influence of soil conditions, following tractor logging, on the growth of planted Douglas fir seedlings. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:76-78.

APPENDIX I

DEFINITIONS AND STUDY FORM

Definition of Skidding Turn Time Categories (for Detailed Studies)

Time Element	Begins	Ends
Travel empty	When skidder starts to travel empty from the log deck at the landing to the stump area.	When forward motion stops so that maneuver or loading can begin.
Maneuver	At the end of travel empty.	When loading activities start or manual setting of chokers starts
Hookup	At the end of maneuver.	When skidder starts to move with a load.
Move during hookup (= move time between hookup points)	At the end of loading.	When forward motion stops and hookup recommences.
Travel loaded	At end of loading when a full load has been accumulated.	When skidder stops at landing.
Unhook	At end of travel loaded.	When skidder starts moving again so that travel empty or deck may begin.
Deck	At end of unhook.	When skidder proceeds past end of log deck so that travel empty may begin.
Trail building	When skidding activity is interrupted to clear trails.	When normal skidding activity recommences.
Delay	When production function is interrupted.	When the production function recommences.

General term	Definition
Turn	The total cycle of the skidder from stump area to landing and return to stump area.
Loading	The act of winching trees to the skidder until a full load has been accumulated.

SHIFT REPORT FORM

Division: _____ Date: _____, 19___

I. Operator: _____

Landing No. _____ Total Pieces Skidded: _____

Number of Turns: _____ Volume Skidded: _____ m^3 _____ cunit

Average Travel Distance: _____ m _____ ft

Travel is Mainly: _____ X-Country _____ Skid Roads _____ Up Hill _____ Down Hill

Timber Felled by: _____ Power Saw _____ Feller Buncher. Average Trial Slope: _____ %

II. Start Shift Time: _____ Scheduled Machine Time: _____ hours (include coffee, but not lunch)

End Shift Time: _____

III. Record: (ignore times less than 10 minutes)

Mechanical Delay Times: Explain Cause of Delays:

a. Repair _____ hours _____ minutes _____

b. _____ hours _____ minutes _____

c. Service _____ hours _____ minutes _____

d. Other _____ hours _____ minutes _____

Nonmechanical Delay Time (enter only total time for each category, e.g. moving between landings, stuck, personnel, wait for parts/service, etc):

Time (hours)	Explanation	Time (hours)	Explanation

Comments: _____

APPENDIX II

RESULTS OF PULL VERSUS SLIP TEST

Tire	Inflation Pressure kPa	Runs		Average of Achieved Runs		Comments
		Attempted	Achieved	Pull, kN	Slip, %*	
Goodyear 23.1 - 26	152	3	3	28.8	36.0	
		4	1	35.6	88.5	Spun out
Goodyear 66 x 43 - 25	103	3	3	28.7	27.5	
		3	3	44.5	76.7	
		2	2	48.3	122.5	
	69	3	3	30.0	24.2	
		3	3	44.5	49.2	
		2	2	49.9	96.2	
Firestone 66 x 43 - 26	103	3	3	24.9	17.5	
		3	3	44.5	63.3	
		5	3	51.7	96.7	Stalled machine Maximum pull recorded 62.4 kN
	69	3	3	29.0	19.2	
		3	3	44.5	54.2	
		4	0	–	–	Stalled machine Maximum pull recorded 65.0 kN
Firestone 66 x 50 - 26	103	4	4	22.3	12.5	
		4	3	44.5	55.8	Spun out
		3	2	52.5	117.5	Spun out
	69	3	3	23.9	18.3	
		3	3	44.5	47.5	
		3	2	51.7	103.7	Spun out

*Derivation of percent slip:

L = length of test track (52.68 m)
D = diameter of tire (m)
R_V = tire revolutions - unloaded = L/Dπ e.g. 52.68 m/1.68 m x π = 10
R_L = tire revolutions - loaded

Slip (%) = R_L / R_V x 100

APPENDIX III

ECONOMIC IMPACT OF SOIL COMPACTION RESULTING FROM SKIDDER USE

Example[1]

Assume that using a conventional rubber-tired skidder to skid a clearcut coastal stand would reduce harvesting costs by $3.50/m^3$ compared to cable yarding systems (Wellburn 1975).

In the worst case, there could be a 40% loss in volume yield (over a rotation) for the trees growing on the 12% of the total logged area compacted by skidding (Power 1974; Rollerson 1985).

Established skid trails would be reused in subsequent harvesting of the area.

Net revenues are after 50% corporate tax stated in constant 1985 Canadian dollars; discount rate (net of inflation) is 4%.

Therefore:

Case 1 - Cable Yarding		
Year	0	80
Volume removed	725	725
Net revenue, $/m^3$	13	13
Case 2 - Skidder		
Year	0	80
Volume removed	725	690
Net revenue, $/m^3$	14.75	14.75

The net present worth (NPW) for each harvesting alternative is:

Case	NPW, $/ha	
1	9 834	Cable yarding
2	11 125	Skidder

The skidder operation results in a $1301.00/ha increase in NPW even when a generous yield loss due to compaction is considered.

This example does not take into account the spatial distribution of the crop trees in the stand. Trees could be planted on noncompacted soil, beside the skid trails, or between wheel ruts without disrupting standing densities. Silvicultural practices such as thinning to waste and spacing would tend to concentrate the growth on trees not affected by the skid trails. The benefit of established access paths for stand management is also not considered. It is important to avoid projecting measurements of skid trail compaction over the whole harvest area.

---

[1]Sauder, B.J. 1984. Skidders using high flotation tires. Proc. COFE/IUFRO, Maine, 11-18 August 1984.

Gouvernement du Canada
Service canadien des forêts

Government of Canada
Canadian Forestry Service

Pneus à basse pression pour débusqueuses

B.J. Sauder

Rapport d'information DPC-X-20F
Services techniques et de recherche

SERVICE CANADIEN DES FORÊTS
GOUVERNEMENT DU CANADA

Le Service canadien des forêts (SCF) réunit la majorité des spécialistes fédéraux en foresterie. Son objectif général est de promouvoir l'aménagement et l'utilisation judicieux des ressources forestières du Canada pour le plus grand bien économique, social et environnemental des Canadiens.

Voici les principales fonctions du SCF:

1. Coordonner les politiques fédérales afin de favoriser l'amélioration de la gestion des ressources et l'expansion de l'industrie forestière.
2. Fournir une orientation scientifique et technologique dans le domaine de la foresterie, par la recherche et le développement.
3. Fournir et analyser les statistiques et l'information nationales et internationales qui serviront à établir les politiques.
4. Mettre au point et homologuer des codes et des normes en matière de rendement des produits du bois.
5. Protéger les forêts canadiennes en luttant contre les ravageurs étrangers.
6. Parrainer l'utilisation éventuelle des ressources forestières pour la production d'énergie.
7. Adhérer aux objectifs environnementaux du gouvernement fédéral.

Divers organismes fédéraux participent aux programmes forestiers, et un comité de la stratégie forestière fédérale a été créé pour coordonner les activités fédérales en matière de foresterie. Le SCF a été désigné organisme directeur.

Le Service canadien des forêts comprend une administration centrale, six centres de recherches forestières et deux instituts nationaux. Les centres de recherches forestières doivent répondre aux impératifs régionaux et entretenir une liaison étroite avec les ministères provinciaux des Forêts. Ils participent également à des programmes nationaux dont ils assument fréquemment la direction. Les instituts nationaux sont les foyers des programmes d'envergure nationale.

Pneus à basse pression pour débusqueuses

B.J. Sauder
MacMillan Bloedel Limited

Autorité scientifique
D.V. Myles
Service canadien des forêts

Rapport d'information DPC-X-20F
Services techniques et de recherche
Service canadien des forêts
Ottawa
1985

©Approvisionnements et Services Canada, 1985
N° de catalogue Fo46-13/20-1985F
ISBN 0-662-93349-4
ISSN 0705-324X

Des exemplaires de ce rapport peuvent être obtenus sans frais aux adresses suivantes:

Centre de distribution
Environnement Canada
151, rue Jean-Proulx
Hull (Québec)
K1A 1C7

D.V. Myles
Service canadien des forêts
Place Vincent Massey, 11e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 1G5

This publication is also available in English under the title *Low-ground-pressure tires for skidders*.

Résumé

Le présent rapport, préparé à forfait pour le Service canadien des forêts (SCF), présente les résultats de l'essai pendant un an d'une débusqueuse munie de pneus à basse pression. Les avantages qu'offrent ces pneus par rapport aux pneus ordinaires ont déjà été démontrés dans l'est du Canada. Le but de l'essai était de faire l'étude de faisabilité des débusqueuses munies de tels pneus sur les terrains côtiers. Les effets sur le sol ont été évalués lors d'une étude parallèle cofinancée par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et le SCF.

Au début, on devait évaluer une seule débusqueuse, la John De 640, qui devait être équipée de pneus de dimensions 66 x 43 - 25. Toutefois, au moment où l'essai se trouvait dans sa dernière partie, Firestone Canada Inc. offrait deux trains de pneus (66 x 43 - 16 et 66 x 50 - 26) pour des essais. On a donc décidé d'élargir l'étude pour permettre l'évaluation de ces pneus et celle de la débusqueuse John Deere 540.

Le niveau de production moyen global pour l'essais , en l'occurence 71 m^3 par période de 8 heures de travail, était plus faible que prévu. La production a varié de 48 à 166 m^3 par période de 8 heures aux 5 sites d'essais. Avec une plus vaste expérience, une production moyenne soutenue de près de 125 m^3 par période de travail semblait un objectif réaliste.

L'analyse des effets sur le sol n'a indiqué, pour l'ensemble du territoire coupé et pour les types de sol étudiés (du sable au loam limoneux), aucune différence statistiquement significative entre les densités apparentes du sol avant et après l'exploitation.

Les effets des pneus à basse pression sur d'autres types de sol devront être étudiés. Il faudrait également mettre au point des méthodes efficaces pour le traitement des chemins de débusquage après l'exploitation. L'établissement d'un calendrier pour les opérations, la détermination de l'emplacement des principaux chemins de débusquage avant l'exploitation, une supervision appropriée et la formation des opérateurs devraient réduire au minimum les effets sur l'environnement.

Les pneus ont résisté à une année entière d'utilisation et montraient, après 1 100 heures d'usage, une usure de la bande de roulement d'environ 50 %. De nombreux entrepreneurs estiment que ces pneus peuvent remplacer les pneus dont sont pourvues habituellement les débusqueuses et qu'ils augmentent les possibilités de réalisation des systèmes de débusquage sur les terrains côtiers.

Mots clés

débusqueuses
pneus à basse pression
tassement du sol
effets sur le sol
exploitation sur terrain fortement en pente

Abstract

This report, prepared under contract to the Canadian Forestry Service (CFS), presents the results of a one-year trial of a skidder equipped with high-flotation tires. Experience with high-flotation (HF) tires in eastern Canada has already demonstrated their benefits compared with conventional tires. The intent of this trial was to evaluate the feasibility of yarding coastal sites with skidders equipped with HF tires. A concurrent study funded by the British Columbia Ministry of Forests and the CFS evaluated the site impact of the HF skidder.

Initially the performance of one skidder, a John Deere 640 line skidder equipped with 66 x 43 - 25 tires, was to be evaluated. During the latter part of the trial Firestone Canada Inc. made two sets of tires (66 x 43 - 26 and 66 x 50 - 26) available for testing. The trial was then expanded to allow evaluation of the various tire designs, and the performance of a John Deere 540 line skidder.

The overall average production level of 71 m^3 per 8-hour shift for the trial was lower than expected. Production levels varied from 48 to 166 m^3 per 8-hour shift over the five test sites. A sustainable average shift production approaching 125 m^3 appears a realistic goal, with greater experience.

Analysis of the site impact caused by the HF-tired skidder indicated that, on an overall harvesting area basis and for the soil types studied (sands to silt loams), there was no statistically significant difference between soil bulk density levels before and after logging.

Further research is required to document the impact of HF tires on other soil types. Effective methods of post-logging treatment of skid roads also need development. Scheduling of operations, prelogging location of major skid roads, adequate supervision, and operator training should minimize the environmental impact.

The tires survived a full year of operation and experienced approximately 50% tread wear after 1100 hours. The tires are considered by many contractors to be a feasible alternative to conventional skidder tires and increase the applicability of skidder systems on coastal sites.

Key words

skidders
high-flotation tires
soil compaction
site effects
steep slope harvesting

Table des matières

Page

Résumé ... III

Abstract ... IV

Introduction ... 1

Objectifs ... 2

Évaluation du rendement ... 4
- Sites d'essais ... 4
- Méthode ... 5
  - Rendement opérationnel ... 5
  - Essais d'adhérence ... 5
- Pneus ... 5
- Équipement ... 7
- Méthodes de récolte ... 8

Résultats ... 9
- Production ... 9
- Adhérence des pneus ... 11

Points de discussion ... 12
- Résultats opérationnels ... 12
  - Avantages ... 12
  - Inconvénients ... 13
- Niveaux attendus de production ... 13
- Comparaison avec le câble-grue ... 14
  - Coûts ... 14
  - Coûts de mise en œuvre ... 15
  - Récupération des fibres ... 16
- Applicabilité ... 16

Effets sur l'environnement ... 17

Conclusion et recommandations ... 18

Remerciements ... 18

Ouvrages de référence ... 18

Annexe I. Définitions des catégories de tour de débusquage ... 21

Annexe II. Formulaire de rapport de quart ... 22

Annexe III. Résultats des essais d'adhérence ... 23

Annexe IV. Aspect économique du tassement des sols dû à la débusqueuse ... 24

Nota

Le fait que certains produits manufacturés et équipements ne soient pas mentionnés ne doit pas être interprété comme une désapprobation; le fait que certains produits le soient ne doit pas non plus être interprété comme leur approbation par le Service canadien des forêts.

Introduction

À l'exception du débardage par câble-grue introduit vers la fin des années 60, l'exploitation des forêts côtières de Colombie-Britannique n'a connu que très peu de modifications depuis les vingt dernières années. Au cours de cette même période, la récupération de morceaux plus petits et l'exploitation de peuplements anciens, dont le volume de bois récupérable et les dimensions des arbres sont plus réduits, ont entraîné une réduction de la production. Si l'on veut améliorer la compétitivité de l'industrie forestière sur les terrains côtiers, il s'avère donc nécessaire de développer de nouveaux systèmes mécanisés pour l'exploitation côtière.

La plupart des systèmes d'exploitation mécanisée font appel à des tracteurs à pneus pour le débusquage ou le transport des billes entre les zones d'abattage et les zones de chargement. Les débusqueuses à roues permettent de réduire de la moitié aux deux tiers les coûts de transport des billes par rapport aux dispositifs de transport par câble (Wellburn 1975). Les études réalisées au cours des dernières décennies ont toutefois montré que l'exploitation par débusqueuse pouvait entraîner le tassement du sol (Bradshaw, 1979; Dickerson, 1976; Dyrness, 1965; Froehlich, 1976, 1978, 1979a, b; Mace, 1970; Mace *et al.*, 1971; Moehring et Rawls, 1970; Steinbrenner, 1955; Steinbrenner et Gessel, 1955a), avec, comme corollaire, une perte de productivité (Foil et Ralston, 1967; Froehlich, 1979a, b; Garrison et Rummell, 1951; Hatchell et Ralston, 1971; Moehring et Rauls, 1970; Steinbrenner, 1955; Steinbrenner et Gessel, 1955b; Youngberg, 1959)[a]. Bien souvent, les terrains les plus favorables à l'exploitation par débusqueuse sont, par surcroît, les plus productifs; l'importance du tassement du sol par les débusqueuses à roues s'avèrent donc une considération importante.

Les ornières laissées par l'équipement se traduisent souvent par un tassement du sol. Or, dans les zones à précipitations élevées, ce qui est le cas dans les régions côtières de la Colombie-Britannique, cette formation d'ornières risque de causer un ruissellement des eaux qui, à son tour, peut entraîner l'érosion du sol jusqu'à la roche-mère. Par ailleurs, ce sont les risques de perte des peuplements exploitables et la possibilité de détériorer les conditions de pêche par ensablement des cours d'eau qui ont limité l'utilisation des débusqueuses en terrains côtiers (Toews et Brownlee, 1981).

Depuis 1980, l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) a collaboré avec plusieurs fabricants pour mettre au point des pneus à haute portance pour les débusqueuses à roues. Ces pneus, plus connus sous le nom de pneus à basse pression, sont plus larges que les pneus ordinaires de débusqueuses (figure 1) et sont gonflés à une pression inférieure.

Les avantages des pneus de débusqueuses à basse pression par rapport aux pneus ordinaires ont déjà été démontrés dans l'est du Canada (Mellgren et Heidersdorf, 1984); ces avantages comptent notamment:

- amélioration de la productivité;
- réduction de la consommation;
- réduction des effets sur le sol;
- réduction du tassement du sol;
- amélioration du confort des opérateurs;
- amélioration de la stabilité.

Ces résultats ont montré qu'il était possible d'élargir l'utilisation des pneus à basse pression pour débusqueuses aux terrains côtiers d'exploitation forestière.

---

[a]Les références qui décrivent des méthodes mal utilisées ou de l'équipement mal adapté n'ont pas été retenues.

Figure 1. Pneus ordinaires 23,1 - 26 (avant) gonflés à 152 kPa (22 lb/po²) et pneus à basse pression 66 x 43 - 25 (arrière) gonflés à 83 kPa (12 lb/po²)[a].

Objectifs

Dans ce rapport sont présentés les résultats de l'essai, financé par le Service canadien des forêts (SCF), pendant un an d'une débusqueuse munie de pneus à basse pression; le but de cet essai était d'évaluer la faisabilité des débusqueuses munies de tels pneus comme équipement de remplacement des dispositifs à câble-grue pour les terrains côtiers dont la pente est inférieure à 35 %.

Les objectifs établis pour cet essai étaient les suivants:

- décrire les caractéristiques techniques et opérationnelles d'une débusqueuse équipée de pneus à basse pression;
- étudier la productivité dans des conditions mesurées;
- établir les niveaux de production, la disponibilité mécanique, l'utilisation de l'équipement et les causes de retard au cours de l'essai;
- comparer le rendement d'une débusqueuse à pneus à basse pression par rapport aux câbles-grues traditionnels.

Dans le cadre d'une étude parallèle cofinancée par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et le SCF, des données géologiques ont été compilées (figure 2) dans le but d'évaluer les effets de cet équipement sur le sol.

À l'origine, on devait évaluer une seule débusqueuse, la John Deere 640 (figure 3), qui devait être équipée de pneus Goodyear de dimensions 66 x 43 - 25[b] (168 x 109 - 64 cm), mais voilà que, presque rendu au terme de l'essai, Firestone Canada Inc. offre deux trains de pneus de 66 x 43 - 26 et 66 x 50 - 26 (168 x 109 - 66 cm et 168 x 127 - 66 cm) qui ont subséquemment fait l'objet de nouveaux essais.

---

[a] Photo prise lors du remplacement des pneus.

[b] Les codes à trois chiffres correspondent au diamètre du pneu en pouces par sa largeur en pouces et le diamètre de l'ouverture du talon en pouces.

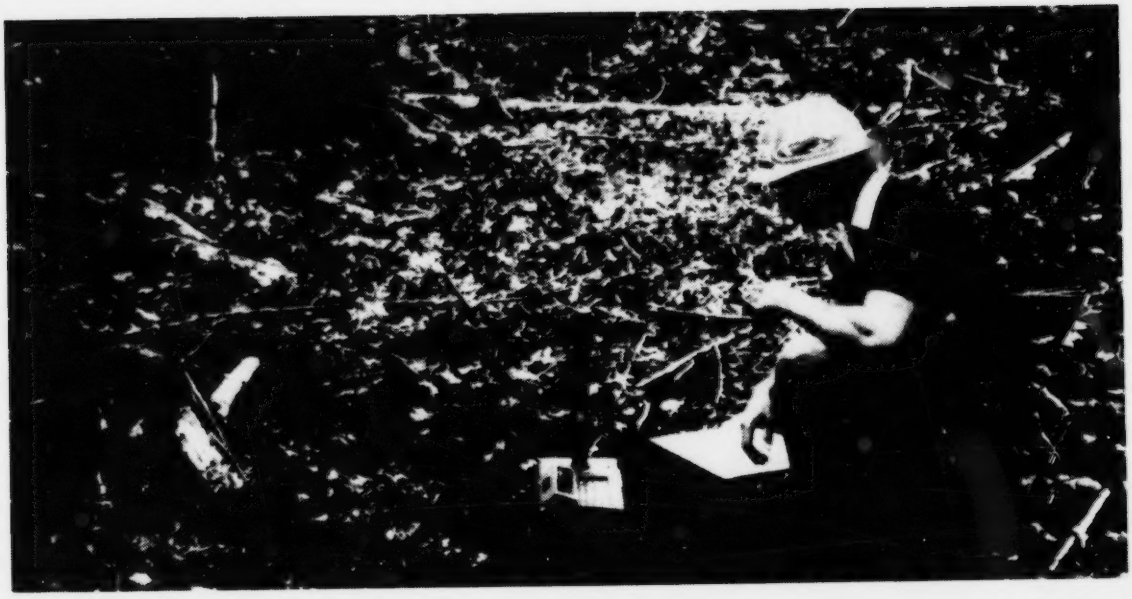


Figure 2. Des prélèvements ont été effectués à trois des sites d'essais pour évaluer l'effet sur le sol et sur l'environnement.

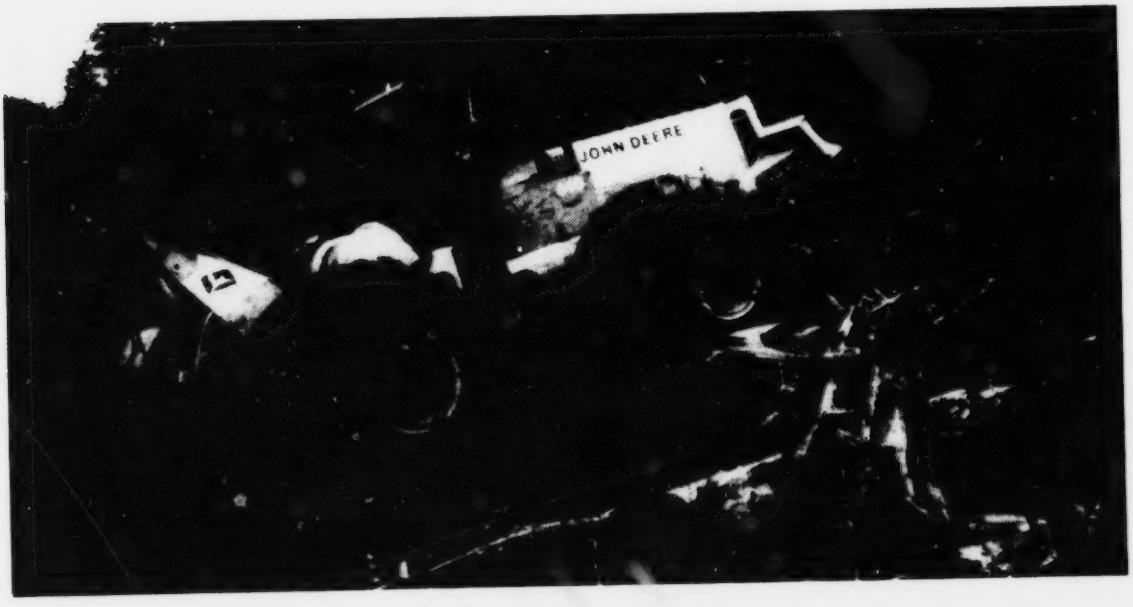


Figure 3. Pneus à basse pression montés sur une débusqueuse JD640 équipée d'un treuil avec câble tracteur.

Évaluation du rendement

Sites d'essais

La débusqueuse munie de pneus à basse pression a été utilisée du 1er septembre 1983 au 31 mai 1984 à cinq sites de la côte est de l'île de Vancouver (figure 4, tableau 1). La période d'essai s'est déroulée dans les conditions climatiques (pluie et neige) les plus rigoureuses pour l'exploitation pour cette région. Les peuplements variaient de l'aulne rouge (*Alnus rubra* Bong.) au cyprès jaune (*Chamaecyparis nootkatensis* [D. Don] Spach) et à la pruche occidentale (*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.). Le volume des pièces variait de 0,69 à 2,2 m^3.

Figure 4. Débusqueuse à pneus à basse pression exploitée à cinq sites de la côte est de l'île de Vancouver.

Tableau 1. Description des sites d'essais

Facteur	Site				
	1	2	3	4	5
Topographie	Terrasses et colline importante avec pente atteignant 40 %	Terrain ondulé avec pente atteignant 35 %	Terrain plat	Terrain plat	Terrain ondulé avec pentes atteignant 35 %
Type de bois (pourcentage des essences)	Aulne rouge/ conifères (73/27)	Cyprès/pruche occidentale (55/45)	Douglas taxifolié (100)	Thuya géant/ pruche occidentale (93/7)	Pruche occidentale/ sapin gracieux (77/23)
Volume de peuplement (m^3/ha)	150	560	350	400	753

Méthodes

Rendement opérationnel

Trois méthodes de collecte des données ont été utilisées pour évaluer le rendement de la débusqueuse à pneus à basse pression (Cottell *et al.*, 1976; McMorland, 1977; Powell, 1978).

Données détaillées de chronométrage - Mesure et relevé:

- éléments de temps productif de chaque cycle de travail (tours);
- retards;
- nombre de pièces par tour;
- volume type des billes;
- utilisation du terrain et des chemins de débusquage.

Données par quart - Relevé:

- durées et catégories (causes) des retards;
- heures prévues d'utilisation de l'équipement;
- production (pièces par quart);
- conditions d'exploitation;
- commentaires des opérateurs.

Données opérationnelles - Relevé:

- composition du peuplement;
- volume à l'hectare;
- topographie (pente, obstacles);
- caractéristiques du sol.

Les données détaillées de chronométrage ont été obtenues sur place par un technicien travaillant selon les méthodes usuelles de chronométrage. Le cycle de travail avait été réparti en sept éléments. Les données de quart ont été relevées quotidiennement par l'opérateur et enregistrées sur des formulaires de rapport de quart (annexe II).

Essais d'adhérence

Dans le but d'évaluer l'adhérence des différents pneus et les effets de différentes pressions de gonflage, un test de force de traction et de patinage a été réalisé. Une piste d'essai de 52,4 m (soit 10 fois la circonférence du pneu) a été tracée sur un terrain de stationnement formé de gravier légèrement tassé. La débusqueuse a été reliée à un tracteur à chenilles au moyen d'un câble sur lequel était fixée une cellule dynamométrique d'une capacité de 222 kN (figure 5). La cabine du tracteur était équipée d'un affichage numérique; la charge était appliquée à la débusqueuse sous la résistance des freins du tracteur. Des charges de 19,75-30, 44-46 et 51-53 kN ont été appliquées. Un repère radial avait été marqué sur les pneus et chaque essai était enregistré sur bande magnétoscopique. Le nombre de tours effectués par le pneu était alors compté lors du visionnement au ralenti de la bande. Les essais des pneus à basse pression ont été réalisés à 103 et à 69 kPa, tandis que le gonflage des pneus standard 23,1 - 26 (58 - 66 cm) était de 152 kPa. Trois essais ont été réalisés pour chaque train et type de pneu à chaque charge et à chaque pression de gonflage, la débusqueuse étant en deuxième rapport.

Pneus

Les essais ont porté sur trois trains de pneus à basse pression (tableau 2). Les pneus généralement fournis avec la débusqueuse JD640 sont de type 23,1 - 26 gonflés à 152 kPa. Ces pneus standard n'ont été soumis qu'aux épreuves d'adhérence. Les pneus à basse pression ne présentaient qu'une

Figure 5. Mesure et contrôle de la charge appliquée à la débusqueuse pendant les essais d'adhérence au moyen d'une cellule dynamométrique.

Tableau 2. Pression de gonflage des pneus à basse pression

Fabricant	Dimensions du pneu en pouces (cm)			Plis	Pression de gonflage		Crampons	
	Diamètre	Largeur	Diamètre de jante		kPa	lb/po²	Angle (°)	Profondeur (cm)
Goodyear	63 (160)	23,1 (59)	26 (66)	10	152	(22)	23	5,1
Goodyear	66 (168)	43,0 (109)	25 (64)	12	83	(12)	45	5,1
Firestone	66 (168)	43,0 (109)	26 (66)	10	83	(12)	23	5,1
Firestone	66 (168)	50,0 (127)	26 (66)	10	83	(12)	23	3,2

différence notable, à savoir l'angle d'inclinaison des crampons qui était de 45° pour Goodyear et de 23° pour Firestone.

La pression de gonflage des pneus à basse pression est nettement plus faible que celle des pneus normaux. Si l'on ne tient pas compte des flancs du pneu, la pression de contact entre le pneu et le sol doit être égale à la pression de gonflage du pneu (Yoder et Witczak, 1975). Les pneus à basse pression réduisent les charges au sol d'environ 50 %. Du fait de leur faible pression de gonflage, de la largeur de leur bande de roulement et de la souplesse de leurs flancs, ces pneus disposent d'une empreinte très large (avec faible charge au sol), d'une résistance réduite au roulement et d'une meilleure souplesse de roulement. L'acceptabilité des pneus à basse pression pour l'exploitation forestière sur la côte ouest dépend principalement de la résistance qu'ils offrent aux obstacles (rémanents, souches et rocs) de ces régions.

Avec les pneus de 109 cm (43 pouces) de large, la largeur totale de l'équipement passait de 2,4 m à environ 3,6 m. Cet élargissement de la voie améliorait la stabilité en pente, tout en réduisant le roulis de l'équipement (Mellgren et Heidersdorf, 1984).

Tous les pneus à basse pression ayant fait l'objet des essais étaient du type sans chambre. Plusieurs types de jantes furent utilisées dans le but d'assurer l'étanchéité du joint entre le talon du pneu et la jante. Pour éviter la séparation du pneu et de la jante, Firestone a installé une jante monobloc (figure 6) à rebord intérieur; Goodyear a fait appel à un anneau extérieur de retenue monté sur une jante en deux pièces (figure 7).

Un train de quatre pneus de 109 cm de large avec jantes coûte de 15 000 $ à 20 000 $ CAN (prix de 1984), le prix variant en fonction du fabricant et du type de jante.

Équipement

Les pneus étaient montés sur une débusqueuse standard John Deere 640. Cette machine était équipée d'un moteur diesel six cylindres de 82 kW à turbocompresseur, et pesait 9 027 kg. Le montage des pneus plus larges n'a nécessité aucune modification de l'équipement, la garantie du constructeur restant valable.

Au site 4, l'entrepreneur a monté les pneus à basse pression sur sa débusqueuse JD540 de 67,1 kW. L'entrepreneur n'a effectué aucune modification de cet équipement; toutefois, John Deere recommande la pose d'essieux de type 640 pour l'utilisation de pneus à basse pression sur le modèle 540.

Figure 6. Pneus à basse pression Firestone montés sur jante monobloc.

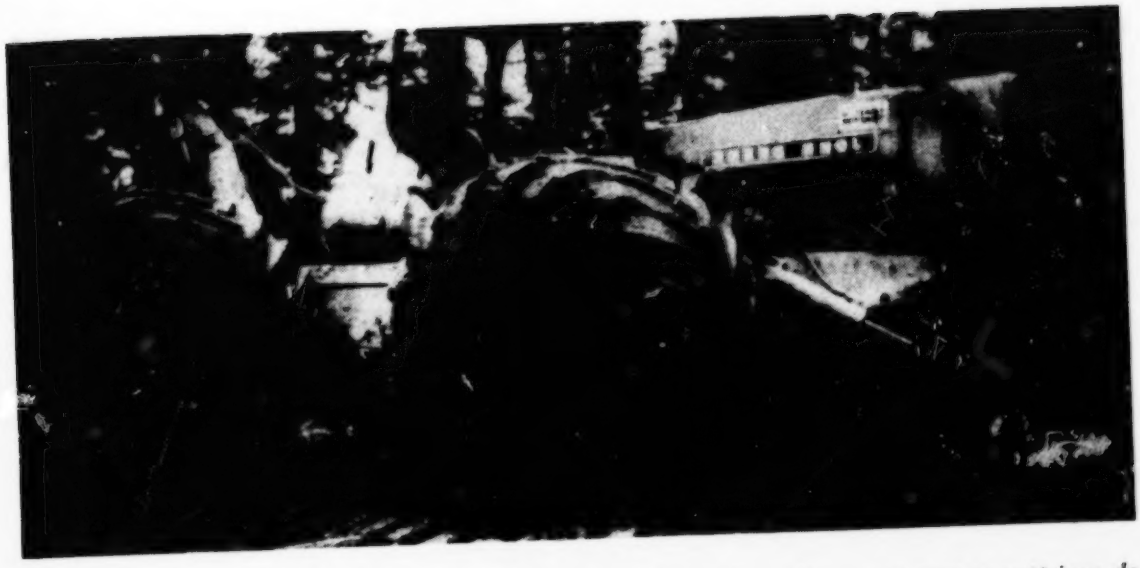


Figure 7. Pneus à basse pression Goodyear montés sur jante deux pièces avec anneau extérieur de retenue.

Méthodes de récolte

Dans toutes les zones de récolte, l'abattage s'effectuait à la main; en certains points des sites 4 et 5, la méthode de «coupe-débusquage» a été retenue, les arbres étant abattus un à un (tableau 3). Au site 2, de nombreux chablis ont été dégagés avec la débusqueuse avant de procéder à la coupe rase dans le but de réduire le risque de bris des arbres.

Tableau 3. Méthode de récolte retenue

Facteur	Site				
	1	2	3	4	5
Abattage	Abattage à la main, coupe rase	Abattage et tronçonnage à la main, coupe rase après dégagement des chablis	Abattage et tronçonnage à main, coupe rase	Abattage à la main, coupe rase et coupe-débusquage	Abattage à la main, coupe rase et coupe-débusquage
Débusquage	Arbre entier ébranché et étêté au dépôt	Longueur de bille	Longueur de bille	Arbre entier ébranché et étêté au dépôt	Arbre entier ébranché et étêté au dépôt
Distance moyenne de débusquage (m)	240	175	60	175	100
Niveau des équipes	1 et 2	1 et 2	2	1 et 2	1 et 2
Type de pneu	Goodyear 66 x 43 - 25 Firestone 66 x 43 - 26	Goodyear 66 x 43 - 25	Firestone 66 x 43 - 26	Goodyear 66 x 43 - 25	Firestone 66 x 43 - 26
Équipement	JD640	JD640	JD640	JD540	JD640

Résultats

Production

Pour les cinq sites, la disponibilité mécanique de la débusqueuse a dépassé 80 % (tableau 4). En termes généraux, les problèmes dus aux pneus ont représenté une perte de 2,5 % (retard de 0,2 heure par quart de 8 heures). Les retards relativement élevés accusés au site 3 sont survenus en raison des problèmes de positionnement du talon des nouveaux pneus Firestone dans la jante; ce retard est considéré comme non répétitif. Le reste du temps perdu, soit 13,5 %, était redevable à des problèmes mécaniques, de câble et d'entretien. Aucun des ennuis mécaniques ne pouvait être attribué à l'utilisation des pneus à basse pression.

Tableau 4. Niveau des quarts (disponibilité de 84 % pendant l'essai; taux d'utilisation de 67 %)

Facteur	Site					Total et moyenne pondérée
	1	2	3	4	5	
Nombre de quarts	55	17	6	9	24	111
Heures-machine anticipées (HMA) par quart	8	8	8	8	8	8
Heures-machine productives (HMP) par quart	5,0	5,8	5,5	5,0	5,5	5,4
Retards en heures par quart						
Réparations	1,6	0,7	0,2	0,6	0,1	1,0
Machine	–	–	1,1	0,6	0,1	0,2
Pneus	0,1	–	–	–	0,4	0,1
Entretien	1,3	0,5	1,1	1,8	1,7	1,3
Cause non mécanique	78	92	83	84	91	84
Disponibilité-machine* (%)	62	85	69	62	69	67
Utilisation-machine* (%)	34	10	25	22	13	24
Non disponibilité mécanique** (%)						

*Berard, J.A.; Dibblee, D.H.W.; Horncastle, D.C. 1968. *Standard definitions for machine availability and utilization*, WSI No. 2428 (B-1). Association canadienne des producteurs de pâtes et papiers, Montréal. 2 p.

**Non disponibilité mécanique: temps d'entretien et de réparation requis pour obtenir 100 heures-machine productives.

Au cours de l'essai, le taux d'utilisation de l'équipement a atteint 67 %. Cette faible utilisation résulte de différents facteurs liés aux intempéries et, dans le cas des sites 4 et 5, de retards de coordination entre les abatteuses et les débusqueuses.

Aux sites 3 et 4, la productivité a dépassé 100 m^3 par quart de 8 heures (tableau 5). La faible productivité du site 1 est imputable au format moyen réduit des pièces et au nombre maximal de cinq colliers étrangleurs accrochés au câble de traction.

Tableau 5. Productivité (volume brut moyen obtenu variant de 48 à 168 m^3 par quart)*

Facteur	Site					Total et moyenne pondérée
	1	2	3	4	5	
Équipement	JD640	JD640	JD640	JD540	JD640	
Quarts effectués	55	17	6	9	24	111
Nombre moyen de billes par quart de 8 heures	69,1	38,6	166,0	66,0	54,9	66,3
Format moyen des pièces (m^3)	0,7	2,2	1,0	1,8	1,3	1,2
Volume brut moyen réalisé (m^3) par quart de 8 heures	48,4	84,9	166,0	118,8	71,4	71,0
Productivité par heure-machine productive (m^3/HMP)	9,7	12,5	30,2	23,8	13,0	13,1
Productivité par heure-machine anticipée (m^3/HMA)	6,0	10,6	20,7	14,9	8,9	8,9

*Basé sur les rapports de quart pour toute la période d'étude.

C'est au site 3 que la production (par quart) a été la plus élevée; c'est aussi à ce site que la durée totale des tours était la plus réduite (tableau 6) et que la distance de débusquage moyenne était la plus courte. La préparation des chemins représentait 14,5 % de la durée totale d'un tour au site 4. Pour permettre le passage de la débusqueuse, les terrains très marécageux de ce site ont nécessité la mise en place de rondins sur le chemin de débusquage.

Tableau 6. Durées productives, en minutes*

Facteur	Site					Total et moyenne pondérée
	1	2	3	4	5	
Tours réalisés	461	66	216	198	418	1359
Déplacements avec charge	1,86	2,61	1,22	2,11	1,99	1,87
	(9,0)	(12,2)	(9,1)	(11,0)	(8,3)	(9,1)
Manœuvre	0,07	0,04	0	0,01	0,01	0,03
	(0,3)	(0,2)	(0)	(0,1)	(0)	(0,1)
Accrochage**	5,40	7,73	3,01	3,98	5,65	5,00
	(25,8)	(36,3)	(22,6)	(20,7)	(23,5)	(24,4)
Déplacements pendant le chargement	0,20	0,16	0,02	0,07	0	0,09
	(1,0)	(0,8)	(0,1)	(0,4)	(0)	(0,4)
Déplacements avec charge	1,97	3,04	1,53	2,32	2,42	2,14
	(9,4)	(14,2)	(11,5)	(12,1)	(10,1)	(10,5)
Déchargement	1,06	0,88	1,23	0,69	0,72	0,92
	(5,0)	(4,1)	(9,2)	(3,6)	(3,0)	(4,5)
Empilement	1,89	1,55	1,58	1,73	1,94	1,82
	(9,0)	(7,3)	(11,9)	(9,0)	(8,1)	(8,9)
Préparation des chemins	0,67	1,68	0,58	2,79	2,45	1,56
	(3,2)	(7,9)	(4,4)	(14,5)	(10,2)	(7,6)
Retards	7,85	3,63	4,16	5,48	8,86	7,02
	(37,5)	(17,0)	(31,2)	(28,6)	(36,9)	(34,3)
Durée totale par tour	20,93	21,32	13,33	19,18	24,04	20,45
	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

* Le pourcentage est indiqué entre parenthèses.
**Le temps d'accrochage représente la plus grosse partie des durées productives.

Somme toute, c'est la préparation qui accaparait le plus de temps. Ce sont toutefois les retards qui représentaient la plus grande partie de la durée totale d'un tour; c'est cet aspect qui offre le plus de possibilités d'amélioration quant à la productivité.

La productivité de l'équipement dépend en grande partie de l'opérateur et de ses possibilités d'optimiser la charge utile par tour. Le tableau 7 montre que le volume brut moyen de 5,4 m^3 obtenu par tour aux sites 2 et 4 représente 1,74 fois la moyenne du site 1. Dans les peuplements de faible densité où les arbres sont petits, il est possible d'augmenter la charge utile par groupage mécanique ou par augmentation du nombre des colliers étrangleurs par débusqueuse. Dans les peuplements feuillus, comme c'était le cas au site 1, la méthode de «coupe-débusquage» est probablement la plus favorable car elle permet de réduire au minimum les problèmes d'enchevêtrement des cimes après coupe rase.

Tableau 7. Volume brut par tour (variant de 3,1 à 5,4 m^3)*

Facteur	Site					Total et moyenne pondérée
	1	2	3	4	5	
Tours réalisés	461	66	216	198	418	1359
Nombre moyen de billes par tour	4	2	5	3	3	3,6
Volume brut moyen par tour (m^3)	3,1	5,4	4,6	5,4	4,1	4,1
Nombre moyen de tours par quart	20	22	36	22	18	22
Production moyenne par quart (m^3)	62	119	166	119	74	93

*Basé sur l'échantillonnage de billes débusquées et sur les données de rendement relevées pendant l'étude détaillée d'environ 62 quarts.

Adhérence des pneus

Dans tous les cas, les pneus à basse pression se sont révélés plus efficaces (meilleur effort de traction et moins de patinage) que les pneus standard de débusqueuse 23,1 - 26 (figure 8; annexe III). Les pneus 23,1 - 26 ont patiné deux fois et n'ont réalisé qu'un tour sous charge de 35,6 kN. Les résultats

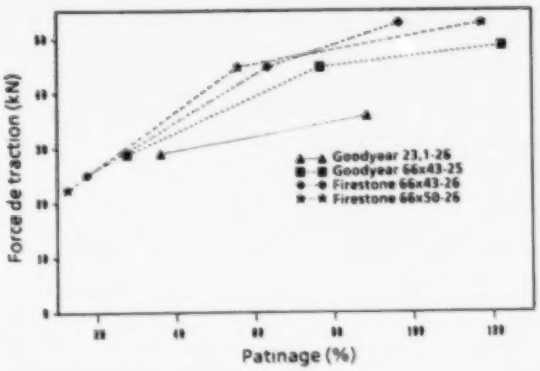


Figure 8. Tous les pneus à basse pression (gonflés à 103 kPa) se sont avérés plus efficaces que les pneus standard.

de cet essai viennent donc confirmer l'hypothèse de Mellgren voulant que l'efficacité d'adhérence augmente à mesure qu'on diminue la pression de gonflage (Mellgren et Heidersdorf, 1984); le rendement de tous les pneus à basse pression a été meilleur à 69 kPa qu'à 103 kPa (figure 9).

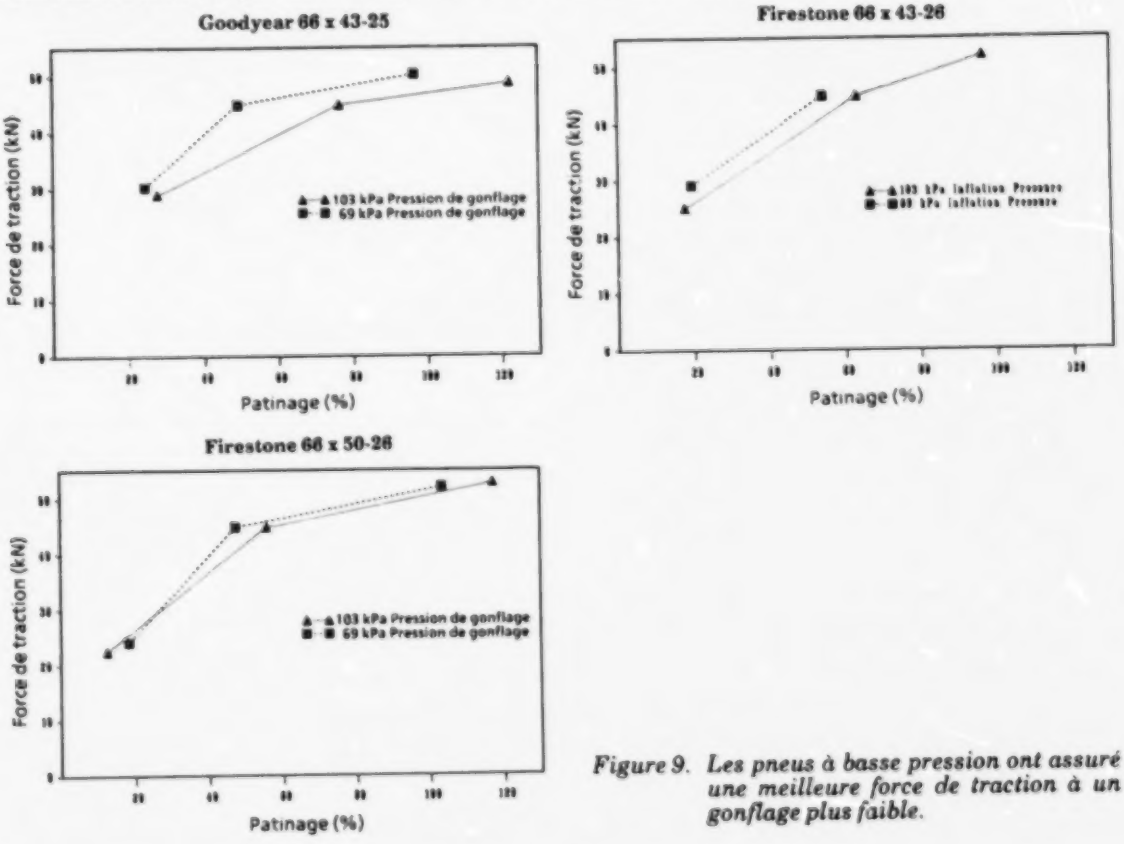


Figure 9. Les pneus à basse pression ont assuré une meilleure force de traction à un gonflage plus faible.

Aucun relevé de consommation n'a été effectué pendant cet essai; il est toutefois possible de déduire que la réduction du patinage entraîne une utilisation plus efficace du carburant.

Un certain rebondissement est survenu avec les pneus 66 x 50 - 26 Firestone lors des essais d'adhérence (ce rebondissement excessif précédait le patinage). Ce rebondissement peut être dû aux crampons moins profonds de ce pneu. Les pneus 66 x 43 - 26 Firestone gonflés à 69 et à 103 kPa n'ont entraîné aucun patinage, causant par contre le calage du moteur. La force de traction maximale relevée juste avant le calage était de 62,4 et 65,0 kN aux gonflages respectifs de 69 et 103 kPa. Dans les conditions de l'essai, il appert que l'angle d'inclinaison de 23° des crampons des pneus Firestone procure une meilleure adhérence. Il convient toutefois de mentionner que ces pneus étaient presque neufs, leur bande de roulement étant à peine usée; il n'est donc pas possible de les comparer directement aux pneus Goodyear à basse pression présentant une usure d'environ 40 %.

Points de discussion

Résultats opérationnels

Les pneus à basse pression ont survécu à une année d'utilisation dans les conditions d'exploitation de la côte ouest et constituent donc une solution de rechange intéressante aux pneus ordinaires de débusqueuse. Les pneus Goodyear 66 x 43 - 25 montés au début de l'essai ont été utilisés environ 1 100 heures et montraient une usure de la bande de roulement de 50 %. À la fin de l'essai, leurs flancs étaient en bonne condition; le rechapage de ces pneus est donc considéré comme faisable[a].

Les essais ont montré qu'un pneu d'une largeur d'environ 1 m offrait une portance suffisante, sans limiter la maniabilité de la débusqueuse entre les souches. Les opérateurs ont remarqué une portance encore améliorée avec les pneus Firestone 66 x 50 - 26, en signalant que cette légère amélioration ne justifiait pas l'augmentation des coûts ni les difficultés opérationnelles rencontrées par ces pneus plus larges.

Certains entrepreneurs étudient la possibilité de monter des pneus à basse pression de diamètre plus important (73 x 44 -32; 185 x 112 - 81 cm) dans le but d'améliorer la garde au sol et la portance. De tels pneus peuvent s'avérer nécessaires pour supporter les charges plus importantes appliquées aux débusqueuses équipées de câbles plus gros et de colliers à boucles plus lourds. Les opérateurs ont estimé que les pneus Firestone à angle d'inclinaison de 23° procuraient une meilleure adhérence sur terrain glissant (ce que les essais d'adhérence ont confirmé) que les pneus Goodyear à angle de 45°; cette inclinaison augmentait toutefois les risques de détérioration des sites. Les nouveaux pneus Goodyear 73 x 44 - 32 ont un motif de crampons modifié dont l'angle d'inclinaison est près de 23°.

Voici certains des commentaires des opérateurs sur les pneus à basse pression:

Avantages

Stabilité

- Demi tour sans danger de l'équipement sur une pente latérale de 35 %.
- Amélioration de la stabilité en pente raide grâce à l'élargissement de la voie.

Confort

- Sur les chemins dégagés et les zones relativement libres de débris, la largeur de voie augmentée se traduisait par une amélioration du confort.

---

[a]MacKenzie, B. 1984. *Personal correspondence.* Contract Tire Ltd. Port McNeill, B.C.

- La pression plus basse réduisait le tassement du sol autour des souches; ces souches n'avaient donc pas tendance à dépasser plus du sol, comme dans le cas des pneus ordinaires.
- L'amélioration du confort s'est traduite par une réduction de la fatigue des opérateurs.

Adhérence en terrain mouillé

- Débusquage rendu possible en terrains mouillés inaccessibles aux débusqueuses équipées de pneus ordinaires.
- Possibilité de prolongation de la saison d'exploitation aux mois pluvieux de l'hiver.

Rendement en pente

- Possibilité d'utilisation sur des pentes atteignant 35 %.
- En côte, possibilité de dégagement des débris avec plus de force (dans la mesure du possible, les souches étaient laissées en place).

Inconvénients

Perte d'adhérence

- Les pneus à basse pression interdisaient le patinage sur les débris qui permet en général aux pneus ordinaires d'entrer en contact avec le sol; cette caractéristique a limité leur qualité en côte (surtout en marche arrière). Les chemins de débusquage en pente devaient être dégagés de débris.

Augmentation de la largeur

- L'élargissement de la voie a entraîné une augmentation des contacts du pneu avec les souches, ce qui se traduisait par une perte de confort et d'adhérence lors des déplacements hors des chemins de débusquage; les chemins devaient être choisis avec soin.

La pression réduite de gonflage et la construction sans chambre des pneus à basse pression augmentaient les risques de fuite d'air le long du talon. Le passage de la débusqueuse le long des dépôts de billes, ou la pénétration de débris entre le pneu et la jante, risque d'entraîner le déchaussement du pneu. Le nettoyage du talon doit donc être considéré comme une activité normale d'entretien. Les flancs du pneu devraient comporter un dispositif de rejet des débris le long du talon. Lorsque ces pneus sont montés sur une jante en deux pièces, l'anneau extérieur doit être à retenue continue. Les pneus Goodyear, tout comme les pneus Firestone, n'exigeaient pas de jante de type «à blocage de talon». Le montage des pneus avait été effectué à sec, sans lubrifiant; aucun déplacement du pneu sur sa jante n'est survenu pendant l'essai, même lorsque la pression de gonflage n'était que de 69 kPa.

L'amélioration du confort procurée par les pneus à basse pression a entraîné une réduction des chocs subis par les composants mécaniques et des vibrations ressenties par l'opérateur. Quoiqu'il n'existe aucune donnée comparative, le fournisseur de l'équipement a estimé que les problèmes d'entretien rencontrés normalement avec les débusqueuses équipées de pneus ordinaires avaient été moins importants sur la débusqueuse dotée de pneus à basse pression[a].

Niveaux attendus de production

Les niveaux globaux de production lors de l'essai ont été plus faibles que prévu. Ceci est dû en grande partie au fait que la moitié des quarts de travail pendant l'étude se déroulaient dans des peuplements feuillus d'arbres de petite taille. L'utilisation de débusqueuses dans d'autres régions a montré qu'on pouvait espérer une amélioration considérable de la productivité au fur et à mesure de la familiarisation avec le système[b]. L'étude permet de conclure qu'une production moyenne continue d'environ

---

[a]Robinson, J. 1984. *Personal correspondence.* Coast Tractor and Equipment, Campbell River, B.C.

[b]Weinard, R.H. 1984. *Personal correspondence.* Northwood Pulp and Timber Ltd., Prince George, B.C.

125 m^3 par quart de 8 heures pourrait être obtenue. De tels chiffres exigeraient une utilisation de l'équipement à 75 % avec une productivité de 21 m^3 par heure-machine productive (niveau dépassé aux sites 3 et 4).

Comparaison avec le câble-grue

Les câbles-grues à chariot autoleveur (bouteurs ou pelles rétrocaveuses équipés de mâts courts ou de mâts de soutien de poulies de renvoi arrière) constituent la méthode d'exploitation préférée actuellement pour le type de terrain convenant aux débusqueuses à pneus à basse pression (pentes atteignant 35 %). Pour constituer une solution de rechange intéressante, les débusqueuses munies de pneus à basse pression doivent permettre l'exploitation à des coûts plus faibles que les systèmes à câble tout en garantissant un niveau acceptable de détérioration du sol. Si l'étude n'a pas porté sur une comparaison directe à long terme des débusqueuses à pneus à basse pression et des systèmes à câble-grue, les chiffres suivants soulignent les possibilités des débusqueuses équipées de pneus à basse pression.

Coûts

En supposant l'indice des coûts suivant pour un câble-grue à chariot autoleveur avec équipe de deux personnes,

	Indice des coûts[a]
Capital	45
Exploitation	55
Total	100

l'indice des coûts comparable pour une débusqueuse équipée de pneus à basse pression serait alors le suivant:

	Indice des coûts	
	Un opérateur	Équipe de deux personnes
Capital	9	9
Exploitation	20	31
Total	29	40

En outre, si l'on assume que le niveau de production continue d'une débusqueuse équipée de pneus à basse pression représente 45 % de celui d'un câble-grue, l'indice comparatif des coûts de production s'établirait comme suit:

	Indice des coûts de production
Câble-grue	100
Débusqueuse à pneus à basse pression	
(un opérateur)	64
(équipe de deux personnes)	88

La figure 10 illustre les effets des variations du niveau de base de production sur les coûts d'exploitation. Un câble-grue fonctionnant à 100 % de son niveau de production de base permettrait un coût d'exploitation correspondant à celui d'une débusqueuse à pneus à basse pression avec équipe de deux personnes fonctionnant à 98 % de son niveau de production de base.

[a]Indice des coûts basé sur des coûts d'équipement établis selon des formules comptables standard.

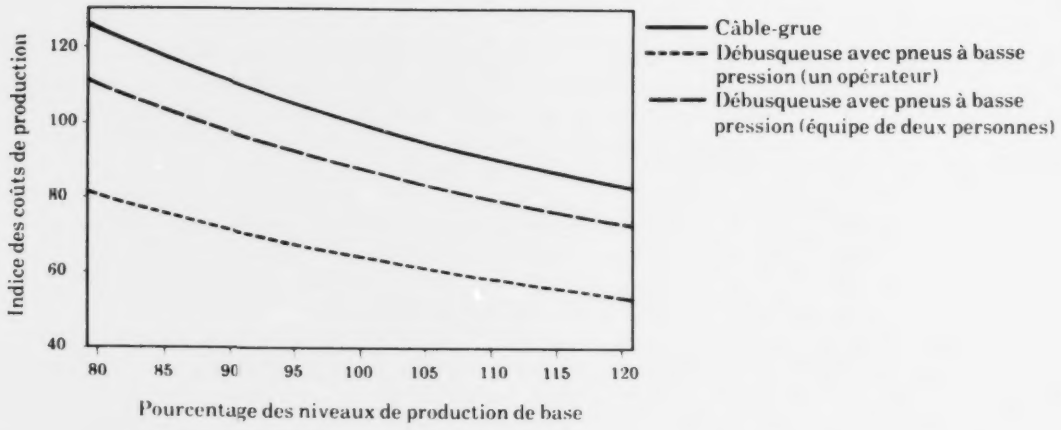
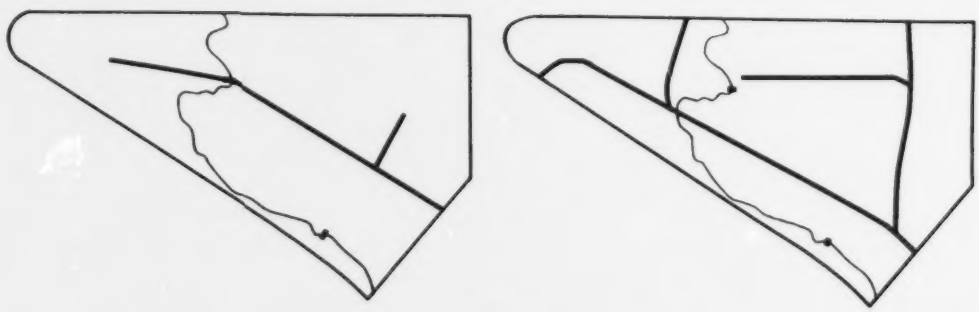


Figure 10. Essais des variations des niveaux de production sur l'indice des coûts de production.

Pour un gérant d'exploitation forestière, la programmation et l'utilisation de l'équipement constituent les deux principales considérations. Le coût-horaire très élevé du câble-grue représente un investissement important qui doit être fait à l'achat. Pour le système de câble-grue, le coût en capital représente 45 % des coûts totaux d'exploitation, ces coûts n'atteignant respectivement que 31 et 22 % pour la débusqueuse à pneus à basse pression avec équipe d'une ou de deux personnes. L'importance des coûts variables de la débusqueuse constitue un avantage lorsque la préservation de la productivité exige le remplacement d'équipement en période de capital rare, comme lorsque des arrêts de travail sont prévus.

Coûts de mise en œuvre

Contrairement aux câbles-grues, les débusqueuses ne sont pas limitées par certains angles de déviation. Deux critères d'importance doivent être observés: le respect de la distance d'exploitation efficace et la réduction des effets sur l'environnement. La figure 11 présente une comparaison hypothétique des chemins d'accès nécessaires dans le cas d'un site plat exploité par câble-grue et par débusqueuse.



Débusqueuse avec pneus à basse pression:
Longueur totale de chemin: 1 128 m

Câble-grue
Longueur totale de chemin: 2 312 m

Figure 11. Sur site plat, la débusqueuse à pneus à basse pression exige 1 184 m de chemin en moins que le câble-grue.

La constitution d'andains pour le câble-grue nécessite la prolongation des chemins jusqu'aux limites du site. La débusqueuse se contente de 1 184 m de chemin en moins, soit une réduction de 51 % des coûts de mise en œuvre. Cette réduction ne tient pas compte de l'élimination des chemins d'accès aux mâts de queue, ni des possibilités offertes par la réalisation de chemins moins élaborés pour les débusqueuses plus légères.

Les opérateurs de débusqueuses équipées de pneus à basse pression doivent aussi pouvoir augmenter le volume de bois de coupe accessible par les réseaux d'accès existants[a]. Dans les régions où la topographie est très accidentée, la distance maximale de récolte par câble-grue peut parfois être inférieure à 90 m, soit largement inférieure à la distance de récolte théorique des débusqueuses (en général 240 m). L'utilisation de débusqueuses à pneus à basse pression peut élargir l'exploitation aux zones isolées derrière des accidents de terrain, pourvu que la distance de débusquage soit accessible et que la pente ne vienne pas limiter cette exploitation.

Récupération des fibres

La productivité des débusqueuses reste relativement insensible aux variations de dimensions des pièces puisqu'il est possible d'ajouter ou d'enlever des colliers étrangleurs de manière à optimiser la production par tour. Dans le cas des câbles-grues toutefois, la récolte s'effectuant en général pièce par pièce, les dimensions de ces pièces ont un effet très marqué sur la productivité. Cet effet réduit des dimensions des pièces et les coûts d'exploitation amoindris de la débusqueuse permettent la récupération de billes plus petites, aux limites d'une exploitation rentable pour les câbles-grues. Il est possible d'améliorer la productivité des câbles-grues en procédant au groupage des petits arbres pour augmenter le volume par tour. Ces mêmes techniques de groupage, qui peuvent être utilisées pour la débusqueuse, préservent donc son avantage relatif.

De par leur souplesse, les débusqueuses augmentent aussi les possibilités de récupération des fibres. Au site 3, la coupe rase était précédée de l'élimination des chablis, ce qui a réduit le coût de manière importante. L'exploitation selon la méthode de coupe-débusquage s'est elle aussi avérée avantageuse du point de vue économique, permettant la récupération de peuplements clairs susceptibles d'être dévalués par suite de l'action dévastatrice des insectes, ou pouvant entraîner des frais élevés d'intérêt.

Applicabilité

L'usage des débusqueuses à pneus à basse pression sur les terrains humides dont la pente est modérée semble plus efficace et plus économique pour l'exploitation forestière que le recours aux câbles-grues. Des niveaux acceptables de productivité peuvent en outre être obtenus en améliorant la disposition des sites et en aménageant les dépôts avec perspicacité. L'expérience a demontré qu'il était plus pratique d'utiliser plus d'une débusqueuse pour une même zone d'exploitation, ce qui, d'une part, permet la relève par une autre débusqueuse en cas de problème mécanique et, d'autre part, facilite le regroupement des opérations de supervision et de maintenance.

Il se peut que l'utilisation de pneus à basse pression ne soit nécessaire en toute saison, sur tous les sites. Pour atteindre une souplesse maximale d'exploitation, il est conseillé aux opérateurs de disposer d'un train de pneus ordinaires et d'un train de pneus à basse pression. En période de précipitations abondantes, il faut en outre disposer de zones de remplacement pour l'exploitation advenant un niveau élevé des nappes d'eau souterraines. L'utilisation des débusqueuses à longueur d'année paraît possible avec un minimum de planification et de supervision.

---

[a]McDermid, G. 1984. *Personal correspondence.* Whonnock Industries Ltd., Vancouver, B.C.

Les niveaux de production les plus élevés ont été obtenus par une équipe de deux personnes au site 3. Le choix des équipes et la configuration du système d'exploitation (coupe-débusquage, ou coupe rase et débusquage) doivent être effectués en fonction du rapport coût-production. L'efficacité maximale ne peut être obtenue que dans la mesure où la direction dispose d'une flexibilité suffisante pour modifier l'importance des équipes en fonction des sites. De même, la décision de procéder à l'exploitation avec des équipes d'employés ou des équipes engagées à forfait ne doit être prise qu'après étude de la disponibilité de la main-d'œuvre, de son rendement et de son expérience.

Effets sur l'environnement

Les terrains les plus propices à l'exploitation par débusqueuse sont bien souvent les zones côtières les plus productives; cette situation soulève donc des questions quant à la détérioration attribuée au débusquage. Le tassement du sol qui, à son tour, entraîne une réduction de la productivité forestière et une augmentation du ruissellement des eaux sur les chemins de débusquage a été identifié comme l'un des effets de l'exploitation forestière par débusqueuse (Dickerson, 1976; Froehlich *et al.*, 1981). Ces questions doivent toutefois faire l'objet d'une évaluation prudente (annexe IV).

Parallèlement à cette étude de productivité, une étude (Rollerson, 1985) cofinancée par le ministère des Forêts de la Colombie-Britannique et le SCF, a observé les effets des débusqueuses équipées de pneus à basse pression sur le tassement du sol et l'exposition des sols minéraux. Dans son résumé, le rapport de cette étude soulève les points suivants:

- L'augmentation du nombre de déplacements aller-retour d'une débusqueuse à pneus à basse pression le long des chemins de débusquage se traduit par une augmentation de la densité du sol; toutefois, cette hausse reste très faible et ne devrait pas avoir d'effets négatifs sur la croissance des semis.

- Les mesures de densité du sol sur la totalité du site avant et après l'exploitation ne révèlent aucune augmentation significative de ces densités. Une comparaison directe des effets d'une débusqueuse à pneus à basse pression et de ceux d'un système de câble-grue ne montre aucune différence entre les deux.

- L'augmentation de la circulation des débusqueuses à pneus à basse pression le long des chemins de débusquage entraîne une plus grande exposition des sols minéraux, en particulier sur les pentes très prononcées.

- La circulation excessive de débusqueuses à pneus à basse pression sur des terrains de densité moyenne dans des conditions d'humidité élevée peut entraîner la formation d'ornières profondes, surtout lorsque le terrain a été dégagé des rémanents et des souches.

Cette étude soulève plusieurs questions au sujet de l'exposition des sols minéraux, de la formation d'ornières et de l'érosion du sol. Cependant, d'autres recherches s'imposent pour déterminer l'effet à long terme de ces ornières, pour établir des niveaux acceptables et pour mettre au point des méthodes efficaces de traitement des chemins de débusquage après exploitation. Les effets des pneus à basse pression sur d'autres types de sol devraient aussi faire l'objet d'une étude. L'établissement d'un calendrier pour les opérations, la détermination de l'emplacement des principaux chemins de débusquage avant l'exploitation, une supervision appropriée, la formation des opérateurs et la préparation de documents de référence simples, comme le manuel de débusquage FERIC (FERIC,1976), devraient réduire au minimum les effets sur l'environnement.

Conclusion et recommandations

Les essais de débusqueuses munies de pneus à basse pression ont montré que ces pneus pouvaient résister aux conditions d'exploitation sur les terrains côtiers. Les pneus à haute portance élargissent la zone d'exploitation accessible aux débusqueuses. Par rapport aux systèmes à câble-grue, de telles méthodes devraient permettre une réduction des coûts de préparation et d'exploitation par débusquage, ce qui entraînerait une réduction des coûts de récolte.

Les problèmes de gestion de la main-d'œuvre, comme par exemple l'établissement des équipes et le choix d'équipes d'employés ou de personnel contractuel, ainsi que l'utilisation de l'équipement, doivent être résolus avant de passer à l'utilisation généralisée de débusqueuses munies de pneus à basse pression. Les pneus à basse pression apportent une amélioration du confort, mais des recherches supplémentaires s'imposent encore à ce sujet. Les pneus à basse pression ont été essayés à une pression de 83 kPa; il se peut qu'une pression de gonflage encore plus faible (55 kPa) permette d'augmenter l'adhérence et le confort, tout en réduisant l'effet des chocs sur la mécanique.

Les questions d'ordre écologique ne doivent pas être oubliées, mais ne doivent pas non plus être surestimées. Il convient de chercher davantage à réduire au minimum les risques de détérioration catastrophique des sites. Les organismes gouvernementaux, tout comme les exploitants, doivent adopter une approche expérimentale. Il s'avère nécessaire de poursuivre l'évaluation des effets des différents types de débusqueuses et des différents genres de pneus sur des terrains aux types de sol et aux pentes différentes. Une telle recherche devrait encourager la mise au point de directives rationnelles d'exploitation et de planification. Il faudrait également mettre au point des méthodes efficaces de traitement des chemins de débusquage après l'exploitation.

L'utilisation de plus en plus répandue de systèmes d'exploitation mobiles pour l'industrie forestière en terrain côtier constitue l'un des moyens de redonner à cette industrie sa compétitivité. L'apparition des pneus à basse pression donnera aux débusqueuses le rôle qui leur revient, à savoir celui de système principal de débusquage le long de la côte de Colombie-Britannique.

Remerciements

L'auteur désire remercier le personnel des entreprises suivantes de l'aide qu'il lui a apportée pendant l'essai: A.H. Jackson Corp.,Coast Tractor and Equipment Ltd., Contract Tire Ltd., l'Institut canadien de recherches en génie forestier, Firestone Canada Inc., Goodyear Canada Ltd., John Deere Ltd. et Seeley Logging Ltd.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur D.V. Myles du SCF, ainsi qu'au Service canadien des forêts et au ministère des Forêts de la Colombie-Britannique pour le support financier qu'ils ont apporté à cet essai. Notre gratitude s'étend par la même occasion aux divisions d'exploitation forestière de MacMillan Bloedel Limited pour leur participation à ce projet.

Ouvrages de référence

Bockheim, J.G.; Ballard, T.M.; Willington, R.P. 1975. Soil disturbance associated with timber harvesting in southwestern British Columbia. Can. J. For. Res. 5:285-290.

Bradshaw, G. 1979. Preplanning skid trails and winching versus conventional harvesting on a partial cut. For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis, Oreg. Res. Note 62. 4 p.

Cottell, P.L.; McMorland, B.A.; Wellburn, G.V. 1976. Evaluation of cable logging systems in interior B.C. and Alberta. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver. TR-8. 40 p.

Dickerson, B.P. 1976. Soil compaction after tree length skidding in northern Mississippi. Soil Sci. Soc. Am. J. 40:965-966.

Dyrness, C.T. 1965. Soil surface condition following tractor and highlead logging in the Oregon Cascades. J. For. 63:272-275.

Foil, R.R.; Ralston, C.W. 1967. The establishment and growth of loblolly pine seedlings on compacted soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 31:565-568.

FERIC. 1976. (Forest Engineering Research Institute of Canada). Handbook for ground skidding and road building in British Columbia. Vancouver. 41 p.

Froehlich, H.A. 1976. The influence of different thinning systems on damage to soils and trees. Pages 333-344 *in* Proc. XVII IUFRO World Congress, Division IV.

Froehlich, H.A. 1978. (1) The physical effects of timber harvesting on forest soils. Pages 229-237 *in* Proc. Soc. Am. For. National Convention, Albuquerque, N.M.

Froehlich, H.A. 1979a. (2) Soil compaction from low ground pressure, torsion suspension logging vehicles on three forest soils. For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis, Oreg. Res. Pap. 36. 13 p.

Froehlich, H.A. 1979b. The effect of soil compaction by logging on forest productivity. Bureau of Land Management, Portland, Or. Final Report Contract No. 53500-CT4-5(N), Part I. 19 p.

Froehlich, H.A.; Aulerich, D.E.; Curtis, R. 1981. For. Res. Lab., Oregon State Univ., Corvallis, Oreg. Res. Pap. 44. 13 p.

Garrison, G.A.; Rummell, R.S. 1951. First year effects of logging on ponderosa pine forest range lands of Oregon and Washington. J. For. 49:708-713.

Hatchell, G.E.; Ralston, C.W. 1971. Natural recovery of surface soils disturbed in logging. Tree Planters Notes 22 (2):5-9.

Hatchell, G.E.; Ralston, C.W.; Foil, R.R. 1980. Soil disturbances in logging, effects of soil characteristics and growth of loblolly pine in the Atlantic coastal plain. J. For. 68:772-775.

Haupt, H.V. 1960. Variation in aerial disturbance produced by harvesting methods in ponderosa pine. J. For. 58:634-639.

Mace, A.C., Jr. 1970. Soil compaction due to tree length and full tree skidding with rubber tired skidders. School of Forestry, Univ. of Minnesota, Minn. For. Res. Notes No. 214. 4 p.

Mace, A.C., Jr.; Williams, T.; Tapeiner, J.C., II. 1971. Effects of winter harvesting methods on soil bulk density and infiltration rates. School of Forestry, Univ. of Minnesota, Minn. For. Res. Notes No. 228. 4 p.

Mellgren, P.G.; Heidersdorf, E. 1984. The use of high flotation tires for skidding in wet and/or steep terrain. Institut canadien de recherches en génie forestier, Pointe-Claire (Québec). TR-57. 48 p.

McMorland, B.A. 1977. Evaluation of Volvo BM 971 clam bunk skidder. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver. TR-16. 43 p.

Moehring, D. 1970. Forest soil improvement through cultivation. J. For. 68:328-331.

Moehring, D.; Rawls, I.W. 1970. Detrimental effects of wet weather logging. J. For. 68:166-167.

Myles, D.V. 1981. Present situation and trends in occupational safety and health and applied economics in highly mechanized logging operations for Canada. Pages 65-75 *in* Seminar Proc. FAO/ECE/ILO, Ottawa, 21-25 September, 1981.

Perry, T.O. 1964. Soil compaction and loblolly pine growth. Tree Planters Notes No. 67:9

Packee, E.C. 1969. Access logging. Forestry Division, MB Project E 68-7.

Powell, L.H. 1978. Production and performance studies of FMC 200 series skidders. Forest Eng. Research Inst. of Canada, Vancouver. TR-29. 37 p.

Power, W.E. 1974. Effect and observations of soil compaction in the Salem district. USDA, Bureau of Land Management, Tech. Note No. 256.

Rollerson, T.P. 1985. Compactive effects of a low ground pressure skidder. Land Use Planning Advisory Team, Woodland Services, MacMillan Bloedel Ltd., Nanaimo, B.C.

Sidle, R.C.; Drlica, D.M. 1981. Soil compaction from logging with low ground pressure skidders in the Oregon coast range. Soil Sci. Soc. Am. J. 45(6):1219-1223.

Smith, R.B.; Wass, E.F. 1976. Soil disturbance, vegetative cover and regeneration on clearcuts in the Nelson Forest District, B.C. Can. For. Serv., BC-X-151. 37 p.

Steinbrenner, E.C. 1955. The effect of repeated tractor trips on the physical properties of some forest soils. Northwest 29(4):155-159.

Steinbrenner, E.C.; Gessel, S.P. 1955a. The effect of tractor logging on physical properties of some forest soils in southwestern Washington. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 19:372-376.

Steinbrenner, E.C.; Gessel, S.P. 1955b. Effect of tractor logging on soils and regeneration in the Douglas fir region of southwestern Washington. Pages 77-80 *in* Soc. Am. For. Proc.

Toews, D.A.A.; Brownlee, M.J. 1981. A handbook for fish habitat protection on forest lands in B.C. Land Use Unit, Habitat Protection Div, Field Services Branch, Dept. of Fisheries and Oceans, Vancouver. 166 p.

Wellburn, G.V. 1975. Alternative methods for logging steep slopes in the Nelson Forest District of B.C. Can. For. Serv., Forest Management Inst., Ottawa. Info. Report FMR-X-76. 72 p.

Woolridge, D.D. 1960. Watershed disturbance from tractor and skyline crane logging. J. For. 58:369-372.

Yoder, E.J.; Witczak, M.W. 1975. Principles of pavement design, 2nd Ed., John Wiley & Son, Inc., New York. 711 p.

Youngberg, C.T. 1959. The influence of soil conditions, following tractor logging, on the growth of planted Douglas fir seedlings. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:76-78.

Annexe I

Définitions des catégories de tour de débusquage (pour études détaillées)

Élément de temps	Début	Fin
Voyage sans charge	Départ de la débusqueuse sans charge du dépôt vers la zone d'abattage.	Fin du déplacement en avant et début de la manœuvre et du chargement.
Manœuvre	Fin du déplacement sans charge.	Début des activités de chargement ou du réglage manuel des colliers étrangleurs.
Accrochage	Fin de la manœuvre.	Début du déplacement avec charge.
Déplacement pendant l'accrochage (= déplacement entre points de l'accrochage)	Fin du chargement.	Fin du mouvement en avant et reprise de l'accrochage.
Déplacement avec charge	Fin du chargement, lorsqu'une charge a été accumulée.	Arrêt de la débusqueuse au dépôt.
Décrochage	Fin du déplacement avec charge.	Début du nouveau déplacement sans charge ou de l'empilement.
Empilement	Fin du décrochage.	Début du déplacement sans charge à l'extrémité du dépôt.
Préparation des chemins	Interruption des activités de débusquage pour dégagement des chemins.	Reprise des activités normales de débusquage.
Retard	Interruption d'une fonction de production.	Reprise de la fonction de production.

Terme général	Définition
Tour	Cycle total de la débusqueuse entre la zone d'abattage et le dépôt et son retour à la zone d'abattage.
Chargement	Tirage au treuil des arbres à la débusqueuse jusqu'à obtention d'une pleine charge.

Annexe II

Formulaire de rapport de quart

Date: _____ 19___

Division: _____

I. Opérateur: _____ N° de dépôt: _____

Total de pièces débusquées: _____ Nombre de tours: _____

Volume débusqué: _____ m^3 (_____ cunits)

Distance moyenne de déplacement: _____ m (_____ pi)

Prépondérance du déplacement: ___ Tout terrain ___ Chemin de débusquage ___ En pente ___ En descente

Méthode d'abattage: _____ Tronçonneuse _____ Bûcheron-groupeur

Pente moyenne de l'essai: ____ %

II. Début du quart: _____ Fin du quart: _____

Heures-machine anticipées: _____ heures (pause-café comprise, mais non déjeuner)

III. Registre: (ne pas inscrire les durées de moins de 10 minutes)

Retards de cause mécanique:

			Cause du retard
a. Réparations	_____ heures	_____ minutes	_____
b. Réparations	_____ heures	_____ minutes	_____
c. Entretien	_____ heures	_____ minutes	_____
d. Autres	_____ heures	_____ minutes	_____

Retards de cause non mécanique: (n'inscrire que la durée du retard total pour chaque catégorie, par exemple déplacements entre les dépôts, enlisement, personnel, attente de pièces/entretien, etc.)

Durée:	Cause du retard
_____ h _____ min	_____
_____ h _____ min	_____
_____ h _____ min	_____
_____ h _____ min	_____

Observations: _____

_____

_____

_____

Annexe III

Résultats des essais d'adhérence

Pneu	Pression de glonflage (kPa)	Tests		Moyenne des tests réussis		Observations
		Essayés	Réussis	Traction (kN)	Patinage (%)*	
Goodyear 23,1 - 26	152	3	3	28,8	36,0	
		4	1	35,6	88,5	Patinage
Goodyear 66 x 43 - 25	103	3	3	28,7	27,5	
		3	3	44,5	76,7	
		2	2	48,3	122,5	
	69	3	3	30,0	24,2	
		3	3	44,5	49,2	
		2	2	49,9	96,2	
Firestone 66 x 43 - 26	103	3	3	24,9	17,5	
		3	3	44,5	63,3	
		5	3	51,7	96,7	Calage du moteur Traction maximale relevée: 62,4 kN
	69	3	3	29,0	19,2	
		3	3	44,5	54,2	
		4	0	–	–	Calage du moteur Traction maximale relevée: 65,0 kN
Firestone 66 x 50 - 26	103	4	4	22,3	12,5	
		4	3	44,5	55,8	Patinage
		3	2	52,5	117,5	Patinage
	69	3	3	23,9	18,3	
		3	3	44,5	47,5	
		3	2	51,7	103,7	Patinage

*Établissement du pourcentage de patinage:

L = longueur de la piste d'essai (52,68 m)
D = diamètre du pneu (m)
T_1 = nombre de tours du pneu sans charge = L/Dπ (exemple: 52,68 m/1,68 m x π = 10)
T_2 = nombre de tours du pneu avec charge

Patinage (%) = $T_1 / T_2 \times 100$

Annexe IV

Aspect économique du tassement des sols dû à la débusqueuse

Exemple[a]

Supposons une réduction des coûts de récolte de 3,50 $/m^3 en utilisant une débusqueuse à pneus ordinaires pour le débusquage d'un peuplement côtier en coupe rase par rapport à un système de câble-grue (Wellburn, 1975).

Le pire des cas se traduirait par une perte de 40 % du rendement en volume (par âge d'exploitabilité) pour les arbres croissant sur les 12 % de la zone totale exploitée subissant des tassements dus au débusquage (Power, 1974; Rollerson, 1985).

Les chemins de débusquage établis pourraient être réutilisés pour les récoltes subséquentes.

Le revenu net après impôt de 50 % pour les corporations, en dollars canadiens 1985 constants avec un taux d'escompte (compte tenu de l'inflation) de 4 % serait le suivant:

1er cas - Câble-grue:

Année	0	80
Volume récolté	725	725
Revenu net ($/m^3)	13	13

2e cas - Débusqueuse:

Année	0	80
Volume récolté	725	725
Revenu net ($/m^3)	14,75	14,75

Par conséquent, la valeur actuelle nette (VAN) de chaque méthode de récolte s'établirait comme suit:

Cas	VAN ($/ha)
Câble-grue	9 834
Débusqueuse	11 125

L'exploitation par débusqueuse entraîne une augmentation de 1 301,00 $/ha de la valeur actuelle nette, même lorsqu'on considère une perte de rendement importante due au tassement.

Cet exemple ne tient pas compte de la répartition des arbres dans le peuplement. Les arbres pourraient être plantés sur du sol non tassé, le long des chemins de débusquage ou entre les ornières laissées par les roues sans entraîner de modifications de la densité du peuplement. Les méthodes de sylviculture comme les éclaircies et l'espacement auraient tendance à concentrer la croissance sur les arbres non touchés par les chemins de débusquage. Les avantages de chemins d'accès établis pour la gestion des peuplements n'ont pas non plus été pris en considération. Il convient de ne pas appliquer les mesures de tassement des chemins de débusquage à l'ensemble de la zone de récolte.

---

[a]Sauder, B.J. 1984. *Skidders using high flotation tires.* Proc. COFE/IUFRO, Maine, 11-18 August 1984.